

# Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications



**ISSN 2447-0228**

**SEPTEMBER 2019**

**Volume 05 / No 19**

**Editor-in-Chief: J. C. Leite**

**[www.itegam-jetia.org](http://www.itegam-jetia.org)**



O **JETIA– Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (JETIA)** é uma publicação do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), localizado na cidade de Manaus desde 2008. O **JETIA** publica artigos científicos originais que cobrem todos os aspectos de engenharia. Nosso objetivo é a divulgação da investigação original, útil e relevante apresentando novos conhecimentos sobre aspectos teóricos ou práticos de metodologias e métodos utilizados em engenharia ou que levam a melhorias nas práticas profissionais. Todas as conclusões apresentados nos artigos deve basear-se no estado-da-arte e apoiada por uma análise rigorosa atual e uma equilibrada avaliação. A revista publica artigos de pesquisa científica e tecnológica, artigos de revisão e estudos de caso.

O **JETIA** abordará temas das seguintes áreas do conhecimento: Engenharia Mecânica, Engenharia Civil, Materiais e de Mineralogia, Geociências, Meio Ambiente, Sistemas de Informação e Decisão, Processos e Energia, Elétrica e Automação, Mecatrônica, Biotecnologia e outras áreas relacionadas à Engenharia.

### Informações da Publicação:

**ITEGAM-JETIA** (ISSN 2447-0228), online) é publicado pelo Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), com uma periodicidade trimestral (março, junho, setembro, dezembro).

### Informações para Contato:

Página da WEB: [www.itegam-jetia.org](http://www.itegam-jetia.org)

E-mail: [article@itegam-jetia.org](mailto:article@itegam-jetia.org), [editor@itegam-jetia.org](mailto:editor@itegam-jetia.org)

Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM).

Avenida Joaquim Nabuco, No. 1950. Centro. Manaus - Amazonas. Brasil.

CEP: 69020-031. Fone: (92) 3584-6145.

### Copyright 2014. Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM)

A reprodução total ou parcial de textos relacionadas aos artigos é permitida, somente no caso da fonte seja devidamente citada. Os conceitos e opiniões expressas nos artigos são de responsabilidade exclusiva dos autores.

### Aviso prévio

Todas as declarações, métodos, instruções e ideias são apenas responsabilidade dos autores e não representam, necessariamente, a vista do ITEGAM -JETIA. A editora não se responsabiliza por qualquer prejuízo e/ou danos para a utilização dos conteúdos deste periódico. Os conceitos e opiniões expressas nos artigos são de responsabilidade exclusiva dos autores.

### Diretório

Membros do Centro Editorial do ITEGAM – Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (ITEGAM-JETIA) do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM) – Manaus/Amazonas/Brasil.

**Tereza Rodrigues Felipe Cabral**, Diretor – Presidente

**Jandecy Cabral Leite**, Editor Chefe Editorial

**Jorge de Almeida Brito Junior**, Assistente Editorial

**Jhonathan Carvalho da Cruz**, Diagramador Gráfico Editorial

**Paulo Francisco da Silva Ribeiro**, Assistente de Tecnologia da Informação

**SUMÁRIO**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>PROPOSED IMPLEMENTATION OF PROTECTION SYSTEMS AGAINST DIESEL ENGINE FAILURE (DIESEL ENGINE RUNAWAY)</b>   | <b>06</b> |
| <i>Jean da Silva de Abreu Silva, Brenda Lira dos Santos, Anderson de Oliveira Castro, Jarielson Garcia cruz and Wandesson Santos Cruz, Danilo Reis da Silva</i>                    |           |
| <b>SIZING AND DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE FOR THE REMOVAL OF WHEELS FROM HEAVY LINE VEHICLES</b>  | <b>12</b> |
| <i>Anderson Caldas de Oliveira, Danilo Reis da Silva, Jean da Silva de Abreu Silva, Raquel Alves do Nascimento Corrêa, Cledineudo Souza Mendes and Anderson de Oliveira Castro</i> |           |
| <b>UNVEILING THE INDUSTRY 4.0 CONCEPT AND THE USE OF ITS TECHNOLOGIES</b>  | <b>21</b> |
| <i>Felipe Fernando da Silva Vieira, Manoel Henrique Reis Nascimento, Caio César Lacerda Figueiredo and Aline Santos do Nascimento</i>  |           |
| <b>CEP APPLICATION IN AN ENERGY MANAGEMENT EQUIPMENT MAINTENANCE INDUSTRY REMOTELY</b>   | <b>29</b> |
| <i>Claudionor Monteiro Ramos, Danyanne da Silva Corrêa, Eliana da Conceição Rodrigues Veras and Simone Silva de Arruda Souza</i>   |           |
| <b>TECHNICAL FEASIBILITY STUDY OF THE IMPLANTATION OF A DRAINAGE SYSTEM WITH THE USE OF PERMEABLE ASPHALT, AS AN ALTERNATIVE FOR FLOOD MITIGATION, IN URBAN AREAS OF MANAUS</b>    | <b>36</b> |
| <i>Weberter K. Perrone and Willace Lima de Souza</i>   |           |
| <b>CLOUD COMPUTING: REDUCING COSTS IN SMALL AND MEDIUM BUSINESS</b>  | <b>41</b> |
| <i>Eduardo Frias Avinte, Manoel Henrique Reis Nascimento and Aline Santos do Nascimento</i>  |           |
| <b>STRUCTURING AND MAINTENANCE OF STATIONARY DIESEL ENGINES: AN ALTERNATIVE FOR THE GENERATION OF ELECTRICAL ENERGY FROM THERMAL SOURCES</b>                                       | <b>48</b> |
| <i>Ronaldson Samuel de Oliveira Júnior, Érico Kléber Fagundes Jacomé and Eduardo Rafael Barreda del Campo</i>  |           |
| <b>INDUSTRY 4.0: A THEORETICAL CONTRIBUTION TO THE CURRENT SCENARIO OF TECHNOLOGY IN BRAZIL</b>  | <b>56</b> |
| <i>Sangela Azevedo da Silva, Renan de Souza Vasconcelos and Paola Souto Campos</i>   |           |
| <b>A PROPOSAL TO USE THE TAGUI FRAMEWORK AS AN RPA TOOL</b>  | <b>61</b> |
| <i>Mauro Henrique da Silva Wencelowski, Priscila Reis Soares da Paixão and Manoel Henrique Reis Nascimento</i>   |           |
| <b>DEVELOPMENT OF AN AUTOMATION SYSTEM, INTEGRATING A VIRTUAL ASSISTANT AND IoT DEVICES</b>  | <b>69</b> |
| <i>Priscila Reis Soares da Paixão, Mauro Henrique da Silva Wencelowski and Manoel Henrique Reis Nascimento</i>   |           |
| <b>THE USE OF MANAGEMENT TOOL AS FACILITATOR OF THE INDUSTRIAL MAINTENANCE PLAN</b>  | <b>75</b> |
| <i>Jefferson de Souza Paiva, Renato Brasil Sodré and Anderson de Oliveira Castro</i>   |           |
| <b>INFLUENCE OF THE MANAGEMENT OF PEOPLE IN THE PRODUCTION PROCESS OF A MOTORCYCLE MANUFACTURER OF HIGH CYLINDER CAPACITY</b>  | <b>82</b> |
| <i>Flavio José Ribeiro Guimaraes and Edinaldo José de Souza Cunha</i>  |           |
| <b>STUDY OF THE INSPECTION OF A FLAMOTUBULAR BOILER THROUGH THE CODES ASME AND NR-13</b>   | <b>90</b> |
| <i>Wildebran de Araujo, Felipe Liarte Teodósio and Paola Souto Campos</i>  |           |

|   |            |
|---|------------|
| <b>PROPOSAL FOR IMPROVEMENT IN THE CONFIGURATION OF THE SUPPLY LINE IN A MOTORCYCLE COMPANY IN THE CITY OF MANAUS-AM</b><br><i>Adaias Marinho de Souza, Diego Rafael Gondim Barbosa Peso and Anderson de Oliveira Castro</i>  | <b>98</b>  |
| <b>RENEWABLE ENERGY: WIND ENERGY, ITS EFFECTS AND ENVIRONMENTAL GAINS</b><br><i>Marcelo Teixeira de Castro, Maciel Gama de Souza and Anderson de Oliveira Castro</i>  | <b>103</b> |
| <b>CHEMICAL, PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CLAYEY SOIL WITH ADDITION OF CARBIDE LIME</b><br><i>Alexandre Guibson de Lima Ribeiro, Dyego Silva Marques and Anderson de Oliveira Castro</i>   | <b>109</b> |
| <b>REAL TIME ENERGY CONSUMPTION MONITORING SYSTEM USING SMART METERS END ARDUINO PLATFORM IN RESIDENCE</b><br><i>Suelen Lobato Gonzaga, Livia da Silva Oliveira and Anderson de Oliveira Castro</i>   | <b>118</b> |
| <b>SYNTHESIS OF GRAFITE FROM AMAZONIAN RESIDUAL BIOMASS</b><br><i>George Lucas dos Santos Monteiro, Thalysson Clementino da Cruz and Anderson de Oliveira Castro</i>  | <b>125</b> |
| <b>IMPROVED WEAR ON FEED CHANNEL OF GRAVITY CASTING MOLDS</b><br><i>Bianca Nunes Moura, Allan Thiago Moura, Ana Emília Diniz Silva Guedes and Anderson de Oliveira Castro</i>   | <b>131</b> |
| <b>REDUCTION OF SCRAP INDICATORS THROUGH QUALITY TOOLS: A CASE STUDY OF A TWO-WHEEL SEGMENT METALWORKING INDUSTRY</b><br><i>Alexandre da Silva Freire, Luciberg Soares Bobot, Raquel Alves do Nascimento Corrêa, Marcelo DuarteVieira, Anderson de Oliveira Castro and Anderson Caldas de Oliveira</i>                      | <b>136</b> |
| <b>THE IMPLEMENTATION OF AN ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM AND ITS CONTRIBUTIONS TO TODAY'S ORGANIZATIONS</b><br><i>Vanda Feleol da Mota</i>   | <b>145</b> |
| <b>ENERGY EFFICIENCY IN THE AMAZONAS: THE SOLAR ALTERNATIVE</b><br><i>Lutegardo Bassal Costa de Freitas, Matheus Cardoso dos Santos and Anderson de Oliveira Castro</i>   | <b>151</b> |
| <b>THE IMPORTANCE OF ERGONOMICS IN THE PREVENTION OF WORK ACCIDENTS AND THEIR IMPACT ON ECONOMICS AND PRODUCTIVITY</b><br><i>Fagner Gustavo Freitas Mota, Leandro Bastos Araújo and Anderson de Oliveira Castro</i>   | <b>156</b> |
| <b>ANALYSIS OF THE WASTE RECYCLING PROCESS FOR NON-STRUCTURAL CONCRETE MANUFACTURING</b><br><i>Barbara Robson Luna de Oliveira, Jéssica Luna Camico and Jéssica Oliveira Soares</i>   | <b>163</b> |
| <b>EFFICIENCY INCREASE IN THE AXIS DRIVE PROCESS</b><br><i>Weidson Diego Andrade Soares and Macley Bernardes Batista</i>  | <b>169</b> |
| <b>ANALYSIS OF THE WATER COLLECTION, TREATMENT AND DISTRIBUTION PROCESS IN BENJAMIN CONSTANT - AM CITY SANITATION COMPANY</b><br><i>Eleodoro Rodriguez Hermenegildo, José Antônio Da Silva Souza, Ricardo Silva Parente, Italo Rodrigo Soares Silva, Jorge de Almeida Brito Júnior and Paulo Francisco da Silva Ribeiro</i> | <b>177</b> |
| <b>THE TECHNICAL FEASIBILITY OF THE USE OF RUBBER CHIPS IN THE PRODUCTION OF PERMEABLE CONCRETE FOR URBAN PAVING – CASE STUDY</b><br><i>Raimundo de Oliveira Monteiro Junior, Murilo Ferreira dos Santos, Matheus Santos Freitas and Darlei dos Anjos Lavor</i>   | <b>184</b> |



- 
- OPTIMIZATION OPERATIONAL PROPOSAL ORGANIZED PUBLIC PORT OF MANAUS (OPPM): A  
CASE STUDY*** **192**  
*Raphael dos Santos Marinho and Eduardo de Magalhães Braga*
- INCORPORATION OF CIVIL CONSTRUCTION WASTE AND DEMOLITION IN CERAMIC BRICK  
PRODUCTION AS AIM TO DECREASE THE QUANTITY OF RAW MATERIAL*** **197**  
*Bruna Barbosa Matuti and Genilson Pereira Santana*

## PROPOSED IMPLEMENTATION OF PROTECTION SYSTEMS AGAINST DIESEL ENGINE FAILURE (DIESEL ENGINE RUNAWAY)

Jean da Silva de Abreu Silva <sup>1</sup>, Brenda Lira dos Santos <sup>2</sup>, Anderson de Oliveira Castro<sup>3</sup>, Jarielson García cruz <sup>4</sup>, Wandesson Santos Cruz<sup>5</sup>, Danilo Reis da Silva <sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Centro Universitario do Norte – UNINORTE - Laureate Universites, Brasil, Rua Leonardo Malcher, 715. Centro, Manaus/AM.

Email: [jean.s.abreu@hotmail.com](mailto:jean.s.abreu@hotmail.com), [brendalira71@live.com](mailto:brendalira71@live.com), [Anderson.castro@uninorte.com.br](mailto:Anderson.castro@uninorte.com.br), [jarielsongarcia@hotmail.com](mailto:jarielsongarcia@hotmail.com), [wandesson93@gmail.com](mailto:wandesson93@gmail.com), [dimooreis@gmail.com](mailto:dimooreis@gmail.com)

Received: May 15<sup>th</sup>, 2019

Accepted: May 23<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

When we mention power generation and locomotion, it is observed that the application of internal combustion engines is essential. In view of the large scale of application of these engines, in particular the compression-ignition engines, known as Diesel cycle engines, various problems inherent to the operation and maintenance of them are presented. One of the critical problems of the Diesel engine is a defect known as engine runaway. This problem occurs for several factors, but the lack of proper maintenance is the main reason. When the defect occurs there is no safe method of shutting down the diesel engine, generating loss of the motor and risk the human integrity is imminent. In this way, this article proposes a system of protection against engine firing using a system of locking valves. This system cuts the airflow at admission, causing the failure of the air to not allow combustion. The project was entirely developed in AutoCAD and presented only for theoretical reference requiring the implementation in the laboratory for conducting controlled trials.

**Keywords:** Diesel, system, Engines.

## PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA POTENCIAL DE FALHA DO MOTOR À DIESEL (DISPARO DO MOTOR)

### RESUMO

Quando mencionamos geração de energia e locomoção, observa-se que a aplicação dos motores de combustão interna é essencial. Tendo em vista a larga escala de aplicação destes motores, em especial os motores de ignição por compressão, conhecidos como motores do ciclo Diesel, vários problemas inerentes a operação e manutenção dos mesmos são apresentados. Um dos problemas críticos do motor à Diesel é um defeito conhecido como disparo do motor. Este problema ocorre por vários fatores, porém a falta de manutenção adequada é principal motivo. Quando o defeito ocorre não existe método seguro de desligar o motor a diesel, gerando prejuízo da perda do motor e risco a integridade humana é eminente. desta forma, o presente artigo propôs um sistema de proteção contra disparo do motor utilizando um sistema de válvulas de bloqueio. Este sistema corta o fluxo de ar na admissão fazendo com que a falta do mesmo não possibilite a combustão. O projeto foi inteiramente desenvolvido em AutoCAD e apresentado apenas para referencial teórico necessitando da implementação em laboratório para realização de ensaios controlados.

**Keywords:** Diesel, Sistema, Motores.

## I. INTRODUÇÃO

Tendo em vista a larga escala de utilização dos motores de combustão interna (MCI), em especial os motores de ignição por compressão (MIE) ou motores ciclo Diesel. são amplamente utilizados em veículos para a locomoção de cargas e pessoas, introduzido em veículos leves como carros, caminhonetes e motos, e também em veículos pesados como caminhões, ônibus, locomotivas, navios e motor estacionário, devido o potencial de falha crítica do motor diesel, o disparo de um motor diesel não é tão raro que ocorram, quando esse fenômeno ocorre, na maioria das vezes, as consequências são desastrosas e a perda total do motor a diesel, um motor disparado é extremamente imprevisível, não há meio seguro de interromper o processo, haja vista que não existe dispositivo de proteção contra disparo do motor.

Sendo assim, o presente trabalho visa desenvolver um dispositivo para evitar danos mais graves no motor - diesel. Desenvolvemos um sistema de proteção contra potencial falha dos motores à diesel, haja vista que falta da manutenção acelera o desgaste natural do componente do motor, inerente a utilização da rotina de trabalho, a manutenção é essencial, Assim, a origem do sistema de proteção do contra potencial de falha do motor diesel visa uma solução prática, impedindo danos mais gravem que ocorram, utilizando conhecimentos adquiridos durante o curso acadêmico de Engenharia Mecânica centro universitário do norte.

Esse processo de reformulação o comércio automotivo no seguimento de manutenção e reparos em veículos de linha pesada, tem passado por uma evolução significativa nas últimas décadas, com as mudanças que se desenvolvem através de um maior índice de automação e do uso de equipamentos tecnológicos, buscando sempre inovações em desempenho, custo e qualidade, que tem se tornado armas estratégicas de competitividades e concorrência para que sejam capazes de obter o sucesso nessa categoria. Por outro lado, a manutenção desses veículos deve acompanhar essas melhorias, empregando todas as técnicas e equipamentos disponíveis para um mantimento mecânico moderno [1].

## II. REFERENCIAL TEÓRICO

### II.1 NOÇÕES BÁSICAS DE MOTORES DIESEL

Motores de combustão interna são dispositivos que transformam calor em trabalho, mas especificamente a energia química que é a queima do combustível em energia mecânica. Essa transformação ocorre através de uma sequência de processos na parte interna do motor [2].

Os motores de combustão interna (MCI), que possuem uma larga escala de utilização, são mais utilizados em veículos para a locomoção de cargas e pessoas. Neste campo de trabalho ele é introduzido em veículos leves como carros, caminhonetes e motos, é também em veículos pesados como caminhões, ônibus, locomotivas, navios [3]

Conforme [2], os motores de combustão podem ser classificados em decorrência da forma de se obter o trabalho, são eles:

- Motores alternativos: este é o tipo de motor mais comum, o trabalho é obtido pelo movimento de um pistão, transformando em rotação constante por um sistema de biela-manivela.
- Motores de impulso: o trabalho é obtido pela força de reação dos gases expelidos em alta velocidade pelo motor. Ex: motor a jato e foguetes.

Quando à ignição dos motores alternativos são divididos de dois tipos, os motores de ignição por faísca ou motores ciclo Otto e os motores de ignição por compressão ou motores ciclo

Diesel. O que difere esses dois tipos de motores é justamente a forma com que se ocorre à queima da mistura [2].

Nos motores do ciclo Otto o pistão comprime a mistura ar-combustível é posteriormente libera a faísca para promover a combustão [2], já o motor ciclo diesel apenas comprime o ar e posteriormente pulveriza o combustível na massa de ar comprimida que se encontra aquecida devida a compressão, e dessa forma ocorre à combustão sem a necessidade de uma faísca [4]. Para que ocorra a reação de forma espontânea nos motes diesel, a temperatura do ar deve ser suficiente elevada, essa temperatura é chamada de temperatura de autoignição, para uso do combustível diesel essa temperatura é aproximadamente 250°C [2].

Os motores Diesel possuem uma taxa de compressão superior aos motores do ciclo Otto, enquanto os motores do ciclo Otto possuem uma taxa de 10:1 até 14:1 utilizando etanol e 8,5:1 até 13:1 utilizando gasolina, os motores Diesel trabalham com uma compressão de 15:1 até 24:1, essa compressão é necessária para que se ultrapasse a temperatura de autoignição do combustível [2].

Referente ao número de tempos do ciclo de operação, os motores Diesel são classificados como motores de quatro tempos, neste caso o pistão faz cursos, o que representa duas voltas da manivela do motor, desta forma, se completa um ciclo. Esses processos ocorrem ciclicamente, que resulta na transformação da energia química para a mecânica. Cada ciclo/tempo possui sua nomenclatura, são admissão, compressão, expansão e escape [2]. A Figura 1 representa o ciclo de um motor de quatro tempos.

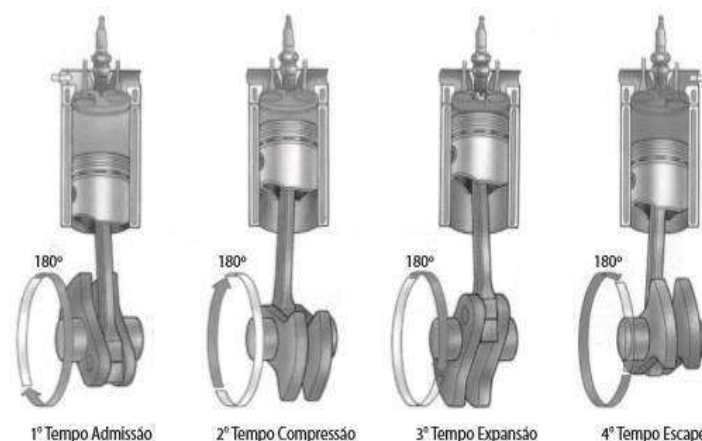


Figura 1. representa o ciclo de um motor de quatro tempos.

Fonte: [2].

#### Tempo de Admissão:

O pistão desloca-se do ponto morto superior (PMS) ao ponto morto inferior (PMI). Neste movimento o pistão dá origem a uma sucção (depressão) que causa um fluxo de gases através da válvula de admissão (V.A), que se encontra aberta. O cilindro é preenchido com mistura combustível-ar ou somente ar nos motores de injeção direta de combustível (GDI) se for de ignição por faísca, ou por ar (apenas ar), nos Motor de ignição espontânea (MIE) [2].

#### Tempo de Compressão:

Fecha-se a válvula de admissão e o pistão se desloca do PMI ao PMS, comprimindo a mistura ou apenas ar, dependendo respectivamente se o motor é um Motor de ignição por Faísca - MIF ou Motor de ignição espontânea - MIE. Neste segundo caso a compressão deverá ser suficientemente elevada para que seja ultrapassada a TAI do combustível [2].

### Tempo de Expansão:

No MIF, nas proximidades do PMS, salta a faísca que provoca a ignição da mistura, enquanto no MIE é injetado o combustível no ar quente, iniciando-se uma combustão espontânea. A combustão provoca um grande aumento da pressão, o que permite "empurrar" o pistão para o PMI, de tal forma que o Fluido Ativo - FA sofre um processo de expansão. Esse é o processo que realiza o trabalho positivo (útil) do motor.

### Tempo de Escape:

Com a válvula de escape aberta, o pistão desloca-se do PMI ao PMS, "empurrando" os gases queimados para fora do cilindro, para reiniciar o ciclo pelo tempo de admissão [2].

## II.2 TURBOCOMPRESSOR

O turbocompressor é normalmente também denominado de turbina, turbocharger, turbo alimentador ou turbo (Figura 2). Constituído por um conjunto de dois rotores montados nas extremidades de um eixo, a turbina é acionada pela energia cinética dos gases da descarga. O ar quente impulsiona o rotor quente fazendo que o rotor frio, na outra extremidade, impulsione o ar para os cilindros. Nos motores do ciclo diesel o turbocompressor tem como objetivo aumentar a pressão do ar no coletor de admissão acima da pressão atmosférica. Isso aumenta a massa de ar sem aumento do volume. O resultando é mais combustível injetado e mais potência. O turbocompressor aumenta a potência em torno de 35% e reduz o consumo específico de combustível em torno de 5% [5].

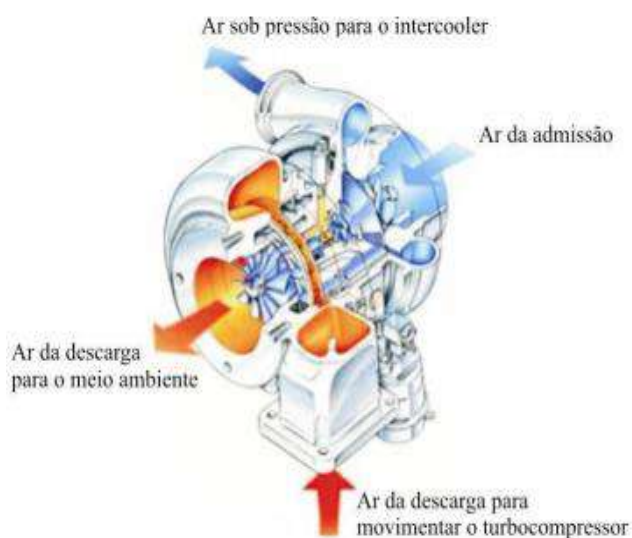


Figura 2. turbocompressor, turbo alimentador, turbina ou turbo.

Fonte: [5].

## II.3 OBJETIVOS

A motivação para a realização deste trabalho se dá pela larga utilização de veículos e máquinas pesadas, Motor de ignição espontânea – MIE, devido potencial de falha crítica do motor diesel, o disparo de um motor diesel não é tão raro que ocorram, quando esse fenômeno ocorre, as consequências são desastrosas e medo provocado as pessoas envolvidas são perfeitamente justificado, a criação de um dispositivo contra potencial de falha crítica dos motores a diesel. Assim evitando danos mais grave ao motor.

### Disparo de Motor à Diesel:

É o seu funcionamento, totalmente descontrolado, em rotações altíssimas, além das máximas de projeto. Mesmo se cortando a alimentação de combustível não é possível desligar o motor, tampouco, reduzir a sua velocidade. Nessas condições, é comum o lançamento de uma grande quantidade de fumaça pelo escapamento, geralmente branca. Se nada for feito, em pouco tempo provocando a quebra violenta do bloco e a projeção de partes em várias direções.

## III. METODOLOGIA

### III.1 ANÁLISE DO POTENCIAL DE FALHA DOS MOTORES À DIESEL

A prevenção de danos e falhas potenciais em equipamentos está associada a uma série de fatores, relacionadas à operação e à manutenção dos equipamentos, nas quais as principais falhas estão ligadas à falta lubrificação de motores, cujas partes podem provocar grande dano nas outras peças, folgas não previstas no projeto.

As causas das falhas no motor são geralmente determinadas relacionando-as a um ou a mais mecanismos de falha, causas mais significativas e recorrentes para a ocorrência desses problemas do disparo do motor são:

- Motores a diesel equipados com bombas injetoras mecânicas: mau funcionamento do regulador centrífugo (governador da bomba ou do blower nos motores 2 tempos), bicos injetores sem estanqueidade ou ajustes incorretos na dosagem do combustível [8].

- Motores com desgaste acentuado nos anéis dos pistões, provocam alimentação descontrolada do motor por óleo lubrificante, oriundo da ventilação do cárter ou do turbocompressor, tendem a pressurizar o cárter. Isso faz com que uma certa quantidade de lubrificante invada a admissão do motor através da ventilação do cárter. Se essa quantidade for excessiva o motor pode entrar em sobre-rotação (ultrapasse limite de giro do motor), inicia-se um ciclo vicioso: quanto mais a rotação do motor aumenta, maior é a pressão no interior do cárter, mais lubrificante é expulso do mesmo e entra na admissão, alimentando ainda mais o motor [8].

- Motores com turbocompressor, folga no mancal do compressor, o lubrificante sob pressão, que deveria permanecer nos mancais do eixo, adentra a admissão alimentando descontroladamente o motor [8].

Em todas essas situações, de nada adianta cortar a alimentação de óleo diesel (deligar motor, acionar start/stop ou tirar Bateria), pois o motor não está sendo mais alimentado pelo mesmo, não há qualquer tipo de controle na quantidade de ar que adentra no motor e as câmaras de combustão estão quentes o bastante para inflamar o óleo lubrificante admitido.

### III.2 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA POTENCIAL DE FALHA DO MOTOR A DIESEL

Muitas são as causas do disparo de um motor diesel sendo motor de ignição espontânea – MIE, os motores diesel não possuem controle da entrada de ar na admissão (borboleta). É uma característica dos motores a diesel, à alta taxa de compressão e no final do tempo da compressão, qualquer substância que se inflame a mais de 400°C pode funcionar como combustível. Apesar de óleo lubrificante não ser um combustível, mas se comportar como combustível



Para evitar danos mais grave ao motor a diesel. Elaboramos um sistema de proteção contra potencial de falha dos motores a diesel (disparo do motor a diesel), um dispositivo parecido ao corpo de borboleta (Figura 3), o dispositivo funciona como válvula de bloqueio impedindo fluxo de ar para admissão.

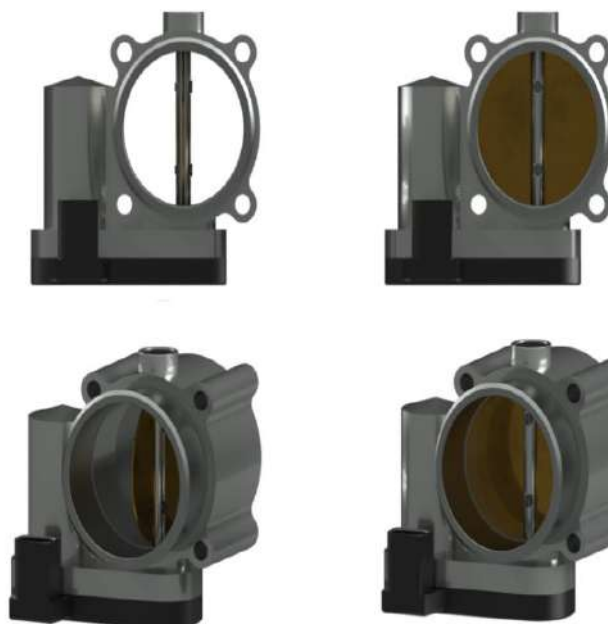


Figura 3. válvula de bloqueio.  
Fonte: Autores, (2019).

Funcionamento do sistema de proteção contra potencial de falha do motor a diesel (disparo do motor). Dá-se através de um modulo de controle que monitora funcionamento do motor, através do sensor de rotação (RPM) mais adição de corpo de borboleta (válvula de bloqueio). Dados os parâmetros de funcionamento do motor ao detectar rotações além do limite de giro do motor, modulo de controle aciona o corpo de borboleta (válvula de bloqueio) da posição normalmente aberto N.A para posição Normalmente Fechado N.F ao acionar da posição N.A para N.F é feito corte injeção de combustível simultaneamente.

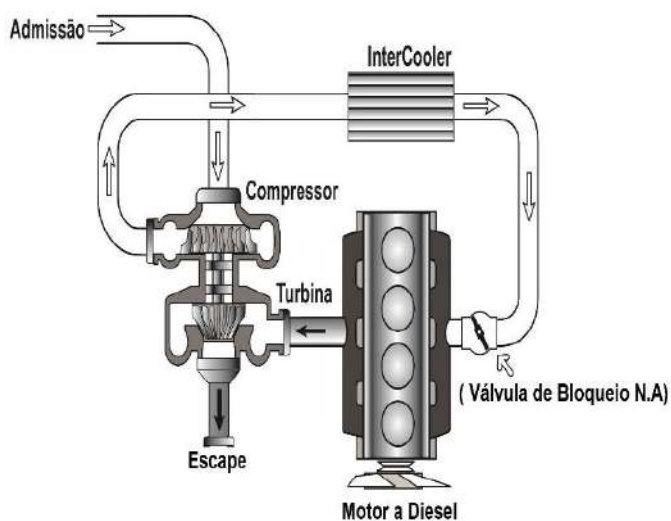


Figura 4: Motor à Diesel com válvula de bloqueio.  
Fonte: [7].

### III.3 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA POTENCIAL DE FALHA DO MOTOR A DIESEL

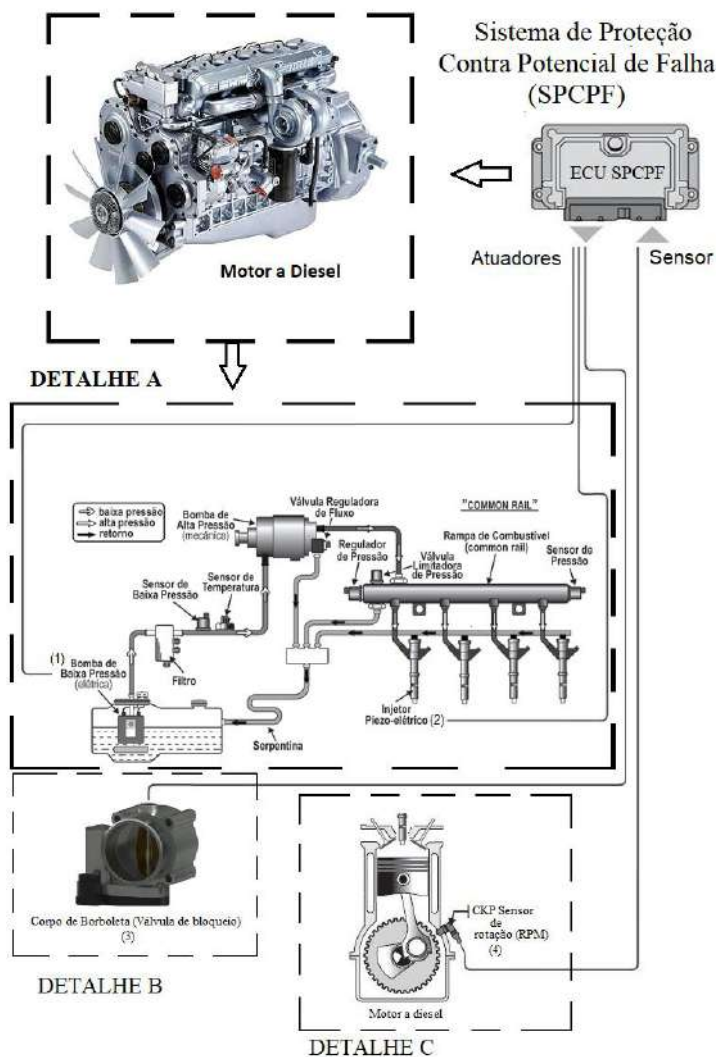


Figura 5: Diagrama de funcionamento.  
Fonte: Autores, (2019).

### III.4 SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO DE COMBUSTÍVEL- DETALHE A

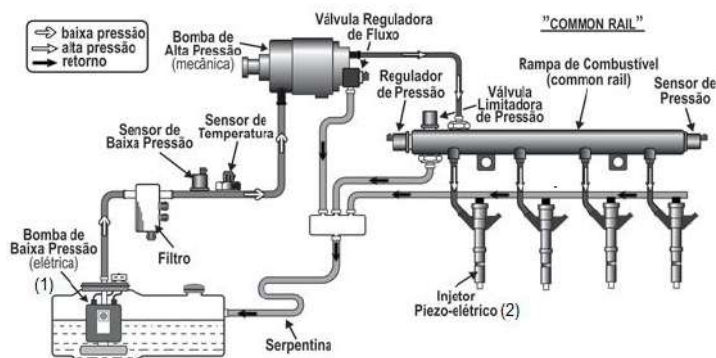


Figura 6: Monitor do Sistema de Combustível do Ciclo Diesel.  
Fonte: [6].

Os itens: (1) Bomba de Baixa Pressão (Elétrica) e (2) Injetor Piezo-Elétrico, do sistema de alimentação são itens fundamental para integração do sistema de proteção contra potencial de falha, onde (1) Bomba de baixa pressão (elétrica), será desligada. Assim cortando combustível. Tendo em vista que (2)

Injetor Piezo-Elétrico. Pode ocorrer falha de estanqueidade do bico injetor. O mesmo será desligado.

### III.5 CORPO DE BORBOLETA (VÁLVULA DE BLOQUEIO) - DETALHE B

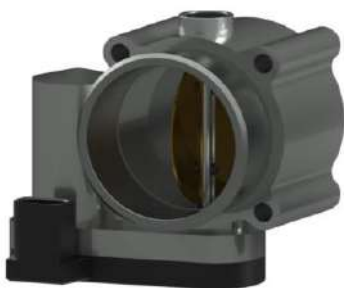


Figura 7: Válvula de bloqueio.  
Fonte: Autores, (2019).

Itens: (3) corpo de borboleta (válvula de bloqueio). É implementado junto com sistema de proteção contra potencial de falha do motor a diesel. É dispositivo fundamental para sistema de proteção, tem a função de obstruir fluxo de ar no coletor de admissão, sendo válvula de bloqueio que atua somente em duas posições. Posição 1: Corpo de Borboleta totalmente aberto normalmente aberto N.A – ciclo normal de funcionamento do motor. E na posição 2: Corpo de Borboleta totalmente fechado, sendo válvula de bloqueio normalmente fechado N.F. Na posição dois sistemas de proteção foi ativado.

### III.6 SENSOR DE POSIÇÃO DO VIRABREQUIM (CRANKSHAFT POSITION SENSOR-KCP)-DETALHE C

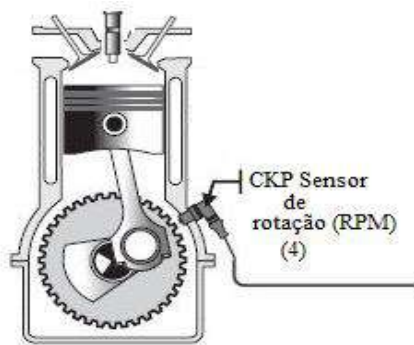


Figura 8: Sensor de Rotação.  
Fonte: [9].

Itens: (4) Sensor de Posição do Virabrequim ou Sensor de Rotação (CKP). Tem como objetivo fornecer A ECU SPCPF (Electronic Control Unit – Sistema de Proteção Contra Potencial de Falha). Rotação por minutos- RPM.

### III.7 SISTEMA DE PROTEÇÃO PARÂMETROS DE FUNCIONAMENTO (MÓDULO DE CONTROLE)

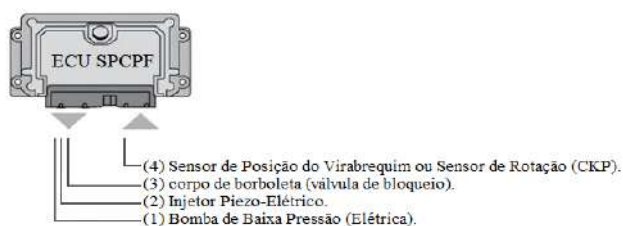


Figura 9: Electronic Control Unit – Sistema de Proteção Contra Potencial de Falha.  
Fonte: Autores, (2019).

A ECU SPCPF (Electronic Control Unit – Sistema de Proteção Contra Potencial de Falha) está programada para receber os sinais lidos pelos sensores do motor, analisar estas informações e decidir quais os parâmetros de funcionamento e determinada situação à qual o motor está sendo submetido.

- (4) Sensor de Posição do Virabrequim ou Sensor de Rotação (CKP): informar rotação do motor, existe um sistema automático na injeção que não deixa o ponteiro entrar na faixa vermelha do conta-giros (Tacômetro), o combustível é cortado e o motor não vai além do giro máximo permitido.

- (3) Corpo de Borboleta (Válvula de bloqueio): Tem a função de obstruir fluxo de ar para admissão, atuando como válvula de bloqueio, que atua somente em duas posições: Posição 1 - Corpo de Borboleta totalmente aberto, sendo válvula de bloqueio normalmente aberto N.A. Posição 2 - Corpo de Borboleta totalmente fechado, sendo válvula de bloqueio normalmente fechado N.F.

(3.1) Corpo de Borboleta: Válvula de bloqueio travado na posição normalmente aberto N.A.

### III.8 ATIVAÇÃO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO (MÓDULO DE CONTROLE)

A ECU SPCPF (Electronic Control Unit – Sistema de Proteção Contra Potencial de Falha). analisa as informações do sensor de rotação e monitora os parâmetros de funcionamento determinado, à qual o motor está sendo submetido. Ao detectar falha, disparo do motor, o módulo de controle aciona, nas seguintes ordens:

- Acionamento da luz de anomalia no painel e alerta sonoro.
- Aciona o Corpo de Borboleta (Válvula de Bloqueio) da posição normalmente aberto N.A para posição Normalmente Fechado N.F, ao acionar da posição N.A para N.F é feito corte injeção de combustível simultaneamente
- Corte no Sistema de Alimentação de Combustível: (1) Bomba de Baixa Pressão (Elétrica), (2) Injetor Piezo-Elétrico, impossibilitando nova partida depois da ativação do sistema. Essa impossibilidade de ativação se dá por questão de segurança, evitando procrastinação nas manutenções necessárias ao motor.
- Acionamento manual: acionado através de um botão específico e lacrado. (redundância do sistema)

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Embora a larga utilização dos Motores de ignição espontânea – (MIE), sua confiabilidade vem se comprovando há séculos, desde sua criação em 1913, principalmente com avanço na engenharia de motores de combustão interna (MCI). Entretanto falta de manutenção ou manutenção imprópria eleva aumento do desgaste natural, com aumento de folgas não prevista no projeto, motor à diesel ainda tem sua confiabilidade comprovado.

Atualmente o potencial de falha crítica do motor diesel, o disparo do motor diesel, vem ocorrendo nos motores Turbo Diesel. O turbocompressor se faz necessário pelo aumento de eficiência energética, com aumento da potência em torno de 35% e reduz o consumo específico de combustível em torno de 5% [5]. A falha gerada no turbocompressor se dá basicamente pela falta de manutenção ou lubrificante não recomendado. falta momentânea ou lubrificante impróprio que causa a ruptura do filme lubrificante. Assim provocando danos e folgas nos mancais do turbocompressor, devido excesso de folga no mancal do compressor o lubrificante sob pressão, que deveria permanecer nos

mancais do eixo, adentra a admissão alimentando descontroladamente o motor.

Devido arrobustei dos motores à Diesel, ocorrem de muitas vezes negligenciando manutenção preventiva, principalmente um componente crítico como turbocompressor. Seja por falta conhecimento técnico ou falta de mão de obra qualificada.

O sistema de proteção contra potencial de falha do motor à diesel (disparo do motor), é extremamente necessário, preservando motor de eventuais danos. Sabendo que fenômeno provocado pelo disparo do motor dá-se através de componente auxiliar ao motor, turbocompressor, pelo mau funcionamento. Embora o motor à diesel goza de perfeita saúde mecânica.

## V. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma hipótese para solução de um problema comum encontrado nos motores à diesel, baseando-se nos conceitos gerais de operações e parâmetros de funcionamento do motor de ignição por compressão (MIE), que fundamentaram o desenvolvimento do sistema de proteção contra potencial falha dos motores a diesel, assim como a pesquisa que possibilitou as comprovações das hipóteses, antes levantadas, o projeto ainda necessita ser testado por meio de um protótipo para que sejam simuladas as diversas condições reais a que o motor à diesel está exposto e que pode gerar a falha em questão. A modelagem do projeto foi comprovada pelo referencial teórico, uma vez que a impossibilidade de admissão de ar interrompe o fluxo do ar para dentro do motor. Sendo assim, o objetivo alcançado resultou da determinação dos esforços, a criação do projeto inicial do mecanismo, utilizando modelo teórico e estabelecendo uma primeira visão do esboço do protótipo. Uma vez determinado a forma e os materiais de construções do protótipo e definido parâmetros de funcionamento do sistema de proteção contra potencial de falha do motor à diesel, é possível que seja fabricado e testado em um ambiente controlado.

## VI. REFERÊNCIAS

[1] Fleming, Paulo V. França Sandro R.R.O.; Considerações Sobre a implementação Conjunta de TPM e MCC na Indústria de Processos; Abraman; 1997

[2] Brunetti, Franco – “Motores de combustão interna”. Vol.2 Editora Blucher, 2012. ISBN: 9788521207092

[3]. Martins, Jorge – “Motores de combustão interna”. 2.ª ed. Porto : Publindústria, 2006. ISBN 972-8953-82-X.

[4] Bezerra. Daniel Portela. Estudo sobre os processos físicos envolvidos nos motores que utilizam como combustíveis óleos (Ciclo Diesel). Disponível em: <<https://www.ucb.br/sites/100/118/TCC/2%C2%BA2007/TCCDaniPortelaBezerra.pdf>>. Acesso em 4 de Março 2018.

[5] Varela & Santos, 2010 – Noções Básicas de Motores Diesel. Disponível em: <[http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varela/Downloads/IT154\\_motores\\_e\\_tratores/Literatura/No%E7%F5es%20B%E1licas%20de%20Motores%20Diesel.pdf](http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varela/Downloads/IT154_motores_e_tratores/Literatura/No%E7%F5es%20B%E1licas%20de%20Motores%20Diesel.pdf)>. Acesso em 4 de Março 2018,

[6] Humberto Manavella, Monitor do Sistema de Combustível do Ciclo Diesel determina a mistura do ar e do combustível. Disponível em:

<<https://www.oficinabrasil.com.br/noticia/tecnicas/monitor-do-sistema-de-combustivel-do-ciclo-diesel-determina-a-mistura-do-ar-e-do-combustivel>>. Acesso em 4 de Março 2018.

[7] Humberto Manavella, Monitor do Catalisador com sistema Adsorvente de NOx – LNT Lean NOx Traps – 2018. Disponível em: <<https://www.oficinabrasil.com.br/noticia/tecnicas/monitor-do-catalisador-com-sistema-adsorvente-de-nox-lnt-lean-nox-traps>>. Acesso em 4 de Março 2018,

[8] Fernando Landulfo, O Motor Diesel Disparou! E agora?, pg. 46 – 2018. Disponível em: <[https://www.omecanico.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Mecanico\\_ed288\\_SITE.compressed.pdf](https://www.omecanico.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Mecanico_ed288_SITE.compressed.pdf)>. Acesso em 9 de Setembro 2018.

[9] MTE-Thomson, Introdução aos sistemas de Injeção E Ignição Eletrônica. Disponível em: <<https://cursosonline.mte-thomson.com.br/unit/aula-01-introducao-aos-sistemas-de-injecao-e-ignicao-eletronica/>>. Acesso em: 10 novembro. 2018.

## SIZING AND DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE FOR THE REMOVAL OF WHEELS FROM HEAVY LINE VEHICLES

Anderson Caldas de Oliveira<sup>1</sup>, Danilo Reis da Silva<sup>2</sup>, Jean da Silva de Abreu Silva<sup>3</sup>, Raquel Alves do Nascimento Corrêa<sup>4</sup>, Cledeineudo Souza Mendes<sup>5</sup>, Anderson de Oliveira Castro<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,6</sup> Centro Universitário do Norte – UNINORTE - Laureate Universites, Brasil, Rua Leonardo Malcher, 715 – Centro, Manaus/AM.

<sup>4</sup> Instituto de Dados da Amazônia - IDAAM, Brasil, Avenida Djalma Batista. 1719 - Edifício Atlantic Tower, Torre Business, 16º andar - Chapada, Manaus/AM.

<sup>5</sup> Escola Superior De Tecnologia - EST/UEA, Brasil, Av. Darcy Vargas, 1.200 - Parque Dez de Novembro, Manaus/AM.

Email: [anderson.oliveira@hotmail.com.br](mailto:anderson.oliveira@hotmail.com.br), [dimooreis@gmail.com](mailto:dimooreis@gmail.com), [jean.s.abreu@hotmail.com](mailto:jean.s.abreu@hotmail.com), [rakel.an@hotmail.com](mailto:rakel.an@hotmail.com), [ne.udo.sousa@hotmail.com](mailto:ne.udo.sousa@hotmail.com), [anderson.castro@uninorte.com.br](mailto:anderson.castro@uninorte.com.br)

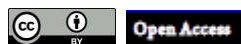
Received: May 15<sup>th</sup>, 2019

Accepted: May 24<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

With the increase of the fleet of heavy vehicles and the knowledge that tires are one of the components that suffer most from natural wear, inherent to the use of the work routine, the maintenance or replacement of parts and components of the region allocated to the tyre occurs with Often and requires great physical effort. This article focuses on demonstrating the application of the mechanical design of a device that assists in the removal of the wheels in this category, as well as to present the equation of the various efforts to which they are submitted, Using specific software such as AutoCAD, Inventor HSM and others. The project elaborated through these projection software in 3D, facilitates the construction and discrimination of the material necessary for the elaboration of the prototype, grounded in the calculations of determination of the static force and application of the safety coefficient, determination of reactions in the support, moment and maximum cutting forces, determination of yield strength in the tube, bearing type determination by the applied effort.

**Keywords:** Wheels. Mechanism. Device. Sizing.

## DIMENSIONAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA A REMOÇÃO DE RODAS DE VEÍCULOS DA LINHA PESADA

### RESUMO

Com o aumento da frota de veículos pesados e o conhecimento de que os pneus são um dos componentes que mais sofrem de desgaste natural, inerentes ao uso da rotina de trabalho, a manutenção ou substituição de peças e componentes da região alocada ao pneu ocorre com bastante frequência e requer grande esforço físico. O presente artigo centra-se em demonstrar a aplicação do projeto mecânico de um dispositivo que auxilia na remoção das rodas de veículos desta categoria, bem como apresentar o equacionamento dos diversos esforços aos quais estão submetidos, utilizando softwares específicos como AutoCAD, Inventores HSM e outros. O projeto, elaborado através destes softwares de projeção em 3D, facilita na construção e discriminação dos materiais necessários para a elaboração do protótipo, com embasamento nos cálculos de reações nos apoios, momento e forças cortantes máximas, determinação do limite de escoamento no tubo, determinação do tipo de rolamento pelo esforço aplicado.

**Keywords:** Rodas. Mecanismo. Dispositivo. Dimensionamento.

## I. INTRODUÇÃO

Tendo em vista veículos da linha pesada e o conhecimento de que pneus são um dos componentes que mais sofrem com o desgaste natural, inerente a utilização da rotina de trabalho, a manutenção ou a substituição de peças e componentes da região alocado o pneu, ou do próprio pneu, sempre há a necessidade de remoção das rodas e seu conjunto para execução dos reparos, o que requer grande esforço físico e tempo. Partindo deste pressuposto, o presente trabalho destinou-se a elaborar um dispositivo para auxiliar na remoção de rodas de veículos da linha pesada, protótipo esse especificamente desenvolvida para remoção de rodas.

Sendo assim, presente trabalho visa desenvolver um dispositivo para auxiliar na remoção de rodas de veículos da linha pesada, haja vista que método atual para execução da manutenção, exige um grande esforço físico do profissional, e de ao menos dois colaboradores, evidenciando o gasto de mão-de-obra e tempo, bem como, à falta de segurança de tal procedimento. Com isso, a manutenção não consegue satisfazer aos requisitos da modernidade, impondo uma necessidade crescente nas mudanças das metodologias e gestão. Assim, a origem do Protótipo visa uma solução prática, utilizando conhecimentos adquiridos durante curso acadêmico de Engenharia Mecânica

A esse processo de reformulação o comércio automotivo no seguimento de manutenção e reparos em veículos de linha pesada, tem passado por uma evolução significativa nas últimas décadas, com mudanças que se desenvolvem através de um maior índice de automação e do uso de equipamentos tecnológicos, buscando sempre inovações em desempenho, custo e qualidade, que tem se tornado armas estratégicas de competitividades e concorrência para que sejam capazes de obter o sucesso nessa categoria. Por outro lado, a manutenção desses veículos deve acompanhar essas melhorias, empregando todas as técnicas e equipamentos disponíveis para um mantimento mecânico moderno [1].

Na busca de desenvolver o protótipo, a criação do modelo em *software* e a execução do protótipo. Assim como [2], afirmam que os projetos realizados com base em sistemas de auxílio à engenharia não se restringem tão somente ao desenho impresso como também nas informações referentes ao protótipo, levando a uma melhoria na inserção do projetado ao ambiente de execução.

O gerenciamento posto em prática tende a criar algo novo. E o Projeto Mecânico é em suma tudo o que se prevê para o funcionamento de uma máquina ou equipamento. Segundo [3], trata-se de empreendimento complexo, no qual são necessárias diversas ferramentas, que possibilitam avaliar tudo o que se pretende criar, dividindo a complexidade em partes menores, afim de facilitar o progresso, realizando-o em cada etapa, em uma sequência, que abrange todo o escopo do trabalho.

## II. REFERENCIAL TEÓRICO

Ainda para [3], nos projetos mecânicos existem métodos e materiais padronizados a serem seguidos de forma que criam uma rede de conhecimento e técnicas, incluindo dimensionamento e tolerâncias, unidades e cálculos.

Para a engenharia mecânica, os projetos mecânicos estão na essência do curso, pois pode abranger todas ou várias das disciplinas vistas no curso, desde conhecimento em termodinâmica, para projetos de refratários, como mecânica dos fluidos, para determinar o comportamento dos gases dentro do mesmo refratário. Assim [3], expõem que todas as disciplinas de engenharia mecânica fazem parte de um projeto mecânico direta ou indiretamente.

De acordo com [3], para a determinação em um projeto deve-se levar em conta as seguintes características: Funcionalidade; Resistência/tensão; Desgaste; Segurança; Confiabilidade; Fabricabilidade; Utilidade; Custo; Forma; Tamanho; Mercantilidade.

Fundamental na execução dos projetos, a determinação de cargas e as consequentes reações do objeto fundamentam e norteiam os projetistas às especificações que devem existir para o correto e eficiente funcionamento do produto a ser criado.

Segundo [4], para o projeto de qualquer equipamento em primeiro lugar devem ser considerados os princípios das estáticas para determinar as forças e reações atuantes no projeto, determinando os parâmetros necessários para a escolha dos materiais, geometria e as cargas atuantes nas deflexões e estabilidades do equipamento.

Para [3], define resistência como uma propriedade do material mecânico que depende da escolha, do tratamento e de dados referentes aos processos a qual é submetido o material. Enquanto que para tensão entende-se como a propriedade do estado do material quando este é submetido a uma carga, a depender da geometria, da temperatura e do processo de fabricação.

Para a compreensão mais completa sobre forças atuantes nos corpos e suas consequentes resultantes atreladas aos comportamentos dos corpos [4], determina as seguintes definições:

- Resistência dos materiais é um estudo da relação entre as cargas externas que agem sobre um corpo e a intensidade das cargas internas no interior do corpo.
- Forças externas podem ser aplicadas a um corpo como cargas de superfície distribuídas ou concentradas ou como forças de corpo que agem em todo o volume do corpo.
- Cargas distribuídas lineares produzem uma força resultante cujo valor é igual à área sob o diagrama de carga e cuja localização passa pelo centroide dessa área
- Um apoio produz uma força em uma determinada direção sobre o elemento a ele acoplado, se ele impedir a translação do elemento naquela direção e produz momento sobre o elemento se impedir a rotação.
- As equações de equilíbrio  $\sum F = 0$  e  $\sum M = 0$  devem ser satisfeitas de modo a impedir, respectivamente, a translação com movimento acelerado e a rotação de um corpo.
- Ao aplicarmos as equações de equilíbrio, é importante desenhar o diagrama de corpo livre antes, de modo a considerar todos os termos presentes nas equações.
- O método das seções é usado para determinar as cargas resultantes internas que agem sobre a superfície do corpo seccionado. Em geral, essas resultantes consistem em uma força normal, uma força de cisalhamento, um momento de torção e um momento fletor [4].

Para tensão [4], determina como sendo o quociente entre uma determinada força e um plano a ser estudado, onde a intensidade dessa força entende-se como tensão. Ainda sobre, pode-se determinar sua intensidade pela seguinte fórmula.

Para tensão normal, tal que, a intensidade de força que se aplica em um plano no sentido perpendicular, segundo [4], dar-se por:

$$\sigma_z = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_z}{\Delta A} \quad (1)$$

Enquanto que, para tensão de cisalhamento onde a intensidade da força se dá tangencialmente em relação ao plano, segundo [4], dar-se por:

$$\tau_{zx} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta Fx}{\Delta A} \quad (2)$$

$$\tau_{zy} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta Fy}{\Delta A} \quad (3)$$

Equacionado e obedecendo as premissas de deformação uniforme e constante e considerando um material homogêneo e uniforme pode-se determinar uma tensão média, dada pela equação [4]:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (4)$$

Onde  $\sigma$  é a tensão média, P é força normal e (A) a área que sofre com a carga.

Norton [5], também afirma que para a determinação de tensão para perfis específicos, deve-se utilizar a equação:

$$\sigma = \frac{M * c}{I} \quad (5)$$

Onde M é o momento fletor, C a distância do centroide da peça e I seu momento de inércia.

A figura 1 exemplifica a aplicação da tensão de cisalhamento

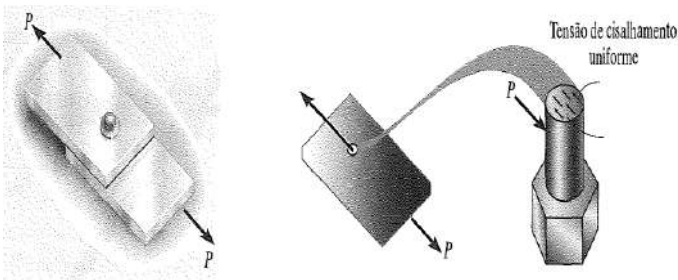


Figura 1: Aplicação de tensão de cisalhamento.

Fonte: [4].

## II.1 DIAGRAMA TENSÃO X DEFORMAÇÃO

Segundo [5] o diagrama tensão X deformação figura 5 fornece diversas informações necessárias para a compreensão do comportamento das estruturas quando acometidas de esforços. Nele pode-se avaliar a tensão em proporcionalidade com a deformação, expressa na lei de Hooke. E o limite de proporcionalidade, ou módulo de elasticidade, chamado também de módulo de Young ( $E$ ) Com esse parâmetro, pode-se obter o alongamento específico do material pela equação:

$$E = \frac{L - L_0}{L_0} \quad (6)$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (7)$$

Onde  $E$  = Modulo de elasticidade

$\varepsilon$  = Deformação específica

$\sigma$  =Tensão em Pascal

$L$  = Comprimento final

$L_0$ = Comprimento inicial

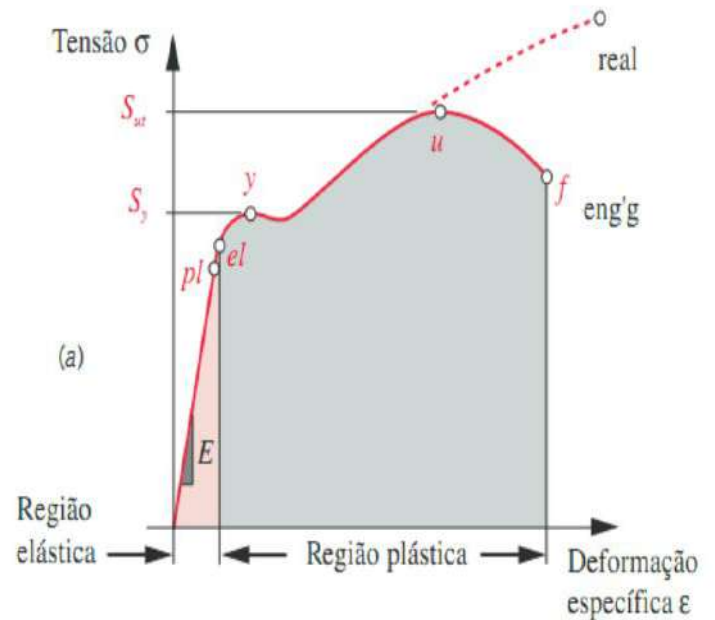


Figura 2: Diagrama tensão X deformação.

Fonte: [5].

## II.2 FATOR DE SEGURANÇA

Com o intuito de possibilitar o desenvolvimento eficaz e seguro de um equipamento, faz-se necessário determinar parâmetros mínimos afim de assegurar a estabilidade e confiabilidade do projeto.

Conforme [6], define o fator de segurança como sendo um número empírico pelo qual a resistência do material é dividida de forma a obter-se um valor conservador de tensão.

Conforme [3], o método determinístico para equalização de tensão máxima admissível, ao final do levantamento de todas as cargas atuantes no equipamento e a tensão máxima do material utilizado, é dado pelo fator de projeto, através da formula:

$$Nd = \frac{P}{\sigma Max} \quad (8)$$

Onde (Nd) é baseado na aplicação em que se submeterá o equipamento e o material a ser utilizado.

Enquanto [4], considera fator de segurança a relação entre a força corrigida e a força aplicada, na fórmula:

$$F_s = \frac{F_{corrigida}}{F} \quad (9)$$

Onde,

$F_{s=}$  é o fator de segurança aplicado

$F_{corrigida}$  = é a força após a aplicação do fator de segurança

$F$  = é a força originalmente exercida

Para uma análise acurada e perspicaz, [7] recomenda a conforme tabela 01.

Tabela 1: Fatores de seguranças recomendados.

| Fator de Segurança | Recomendações   |
|--------------------|---|
| 1,25 a 1,5         | Para materiais excepcionalmente confiáveis a serem utilizados sob condições controladas e sujeitas a cargas e tensão que possam ser determinadas com alta grau de precisão, utilizados quase que invariavelmente onde o baixo peso é uma consideração particularmente importante. |
| 1,5 a 2            | Para materiais bem conhecidos, sob condições ambientais razoavelmente constante, sujeitas a carga e tensões que podem ser determinadas facilmente.  |
| 2 a 2,5            | Para materiais cujas propriedade sejam conhecidas em termos de médias, operados em ambiente comuns e sujeitos a cargas e tensão que possa ser determinada.  |
| 2,5 a 3            | Para materiais pouco testado ou frágeis sujeita a condições ambientais, carga e tensões.  |
| 3 a 4              | Podem ser utilizados para materiais cujas propriedade sejam bem conhecidas e que devem ser utilizadas em ambiente incertos ou sujeito a tensões incertas.   |
| A)                 | Cargas repetidas: os fatores estabelecidos nos itens 1 e 6 são aceitáveis, porem devem ser aplicados ao limite de resistência a fadigas, em vez de a resistência ao escoamento do material.   |
| B)                 | Força de impacto: os fatores fornecidos nos itens 3 a 6 são aceitáveis, porém um fator de impacto deve ser incluído no projeto.   |
| C)                 | Materiais frágeis: nos casos em que o limite de resistência é utilizado como valor máximo teórico, os fatores apresentados nos itens 1 a 6 devem ser aproximadamente dobrados.  |
| D)                 | Nos casos em que fatores mais altos possam parecer mais apropriados, uma análise mais detalhada do problema deve ser realizada antes da decisão sobre o valor desses fatores.   |

Fonte: Adaptado de [7].

### II.3 FIXAÇÃO DE ELEMENTOS POR SOLDA

Há muito já se fabricava máquinas e equipamentos totalmente em ferro fundido cinzento, que apresenta um bom amortecimento. No entanto o emprego do processo de soldagem possibilitou a fabricação e peças em aço com partes soldadas, mesmo que acabadas em processo de usinagem, com valores de resistência maiores e pesos menores em relação ao ferro fundido cinzento [5].

A soldagem, soldadura ou solda, é o processo de união entre duas ou mais peças pela fusão, a nível molecular, na superfície das partes soldadas [8].

No processo de soldagem algumas definições são importantes, como a escória, que trata-se do fluxo de material deixado durante a soldadura afim de evitar a contaminação do cordão de solda pela humidade e o ar do ambiente. Já o cordão de solda é a massa resultante da combinação do metal fundido entre o

material de adição e a material base. Durante esse processo, na material base, ocorre a ZTM, Zona Termicamente Afetada, sendo a região onde a temperatura no processo de solda afetará as propriedades da material base, normalmente próximo ao cordão de solda [5].

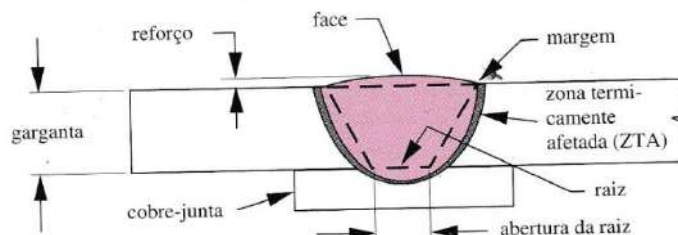


Figura 3: Terminologia geral da solda e ZTA.

Fonte: [7].

Norton [5] define que no processo de soldagem existem diversos tipos de máquinas e técnicas adequadas para cada atividade planejada com soldagem. Tais como:

- Soldagem com eletrodos revestidos;
- Soldagem com arame tubular;
- Soldagem a arco gás-metal;
- Soldagem a arco gás-tungstênio;
- Soldagem ao arco submerso;
- Soldagem por resistência.

Comumente utilizado na indústria os tipos de solda eletrodo revestido e arame tubular representam a maior parte dos processos utilizados, juntamente com a soldagem arco gás para serviços mais precisos e com acabamentos superiores.

Para a soldagem com eletrodos revestidos, Norton [5] define como a solda na qual é utilizada varetas de eletrodos com tamanhos definidos com revestimento com a função de revestir o metal fundido e protege-lo ao final do processo.

O tipo de solda arame tubular utiliza um eletrodo na forma tubular que permite a passagem do fluido de gás por seu interior, tornando o processo automático e rápido, o que possibilita a execução de longos tubos de solda. A máquina de solda pode ser adequada conforme necessidade do operador [5].

Também conhecida como solda MIG (metal inert gás), o processo de soldagem arco gás-metal, usa um eletrodo de arame sem fluxo, e o gás inerte é dirigido para a região da solda afim de expulsar o ar evitando a contaminação [5].

Na união de das peças são aplicadas técnicas distintas quanto à necessidade e adaptabilidade do local de solda. Assim, segundo Norton [5], há seis tipos principais de tipos de juntas: topo, tê, canto, sobreposta e aresta, a ser definida principalmente pela geometria da peça solda. Essas juntas podem ser vistas na figura 4.

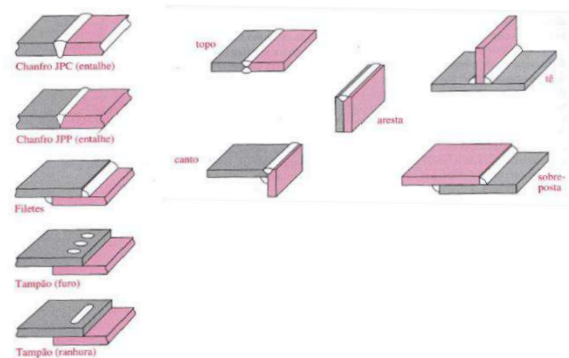


Figura 4: principais de tipos de juntas.

Fonte: [5].

Para Norton [5], as uniões em chanfro podem ser juntas de penetração completa (JPC) ou junta de penetração parcial (JPP). Esses tipos de uniões, juntamente com a junta filete são representados na figura 5.

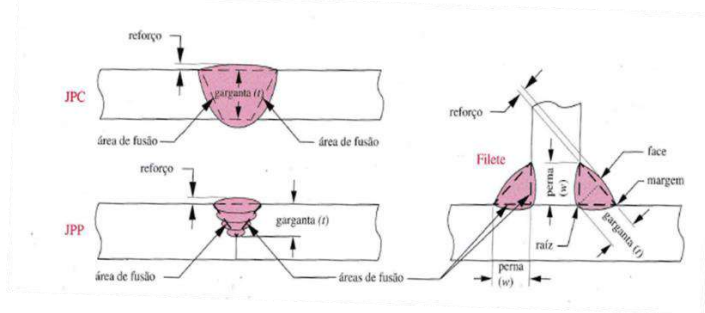


Figura 5: juntas JPC, JPP e filete.

Fonte: [7].

#### II.4 CARREGAMENTO ESTÁTICO EM SOLDAS

Devido às variadas formas de junção, o cordão de solda poderá estar sujeito a diversas formas de carregamento, no qual a posição do cordão definirá o tipo esforço [8].

Para soldada com junção tipo entalhe JPC, [3], afirma que para o carregamento de tração ou compressão, a tensão normal média é dada pela fórmula:

$$\sigma = \frac{F}{hl} \quad (10)$$

Em que  $h$  é a garganta de solda e  $l$  o comprimento de solda.

Segundo Pareto [8], a tensão admissível nos cordões de solda é menor que às dos materiais soldadas, mesmo que o material adicionado seja o mesmo da peça. Assim a determinação das tensões admissíveis dependerá do tipo de solda e do material soldado, como visto na tabela 2.

Tabela 2: Resistência de cordão de solda Tabela.

| Tipo de solda   | Classe de esforço | Resistência da solda |
|---|-------------------|----------------------|
| De topo   | Tração            | 0,85k                |
|   | Compressão        | 0,80k                |
|   | Flexão            | 0,80k                |
|   | Torção            | 0,65k                |
|   | Cisalhamento      | 0,65k                |
| De canto  | Todos             | 0,65k                |
| Obs. onde k representa a tensão admissível do dito material |                   |                      |

Fonte: [8].

### III. METODOLOGIA

No que se refere aos métodos e técnicas empregados na pesquisa, tendo em vista que o direcionamento do trabalho para o desenvolvimento de um dispositivo para a melhoria de um processo

e a comparação desse dispositivo com um análogo encontrado no mercado utilizou-se o método exploratório, no qual, [10], envolvem levantamento bibliográfico, entrevista com pessoas que tiveram experiência com o problema de pesquisa.

Neste sentido, realizou-se inicialmente a pesquisa bibliográfica, afim de fundamentar os conhecimentos em relação aos assuntos inerentes a pesquisa, encontrados em livros, revistas, periódicos, monografias, teses e internet, disponível ao público em geral, que abordaram assuntos tais como, gerenciamento de projetos, elementos de máquinas, ergonomia e história e manutenção de pneus.

A coleta de dados deu-se através da retirada de medidas e acompanhamento do processo de remoção de pneus, o que originou nas medidas necessária para a criação do protótipo, e fomentou dados para o memorial de cálculos com valor da carga de trabalho, relacionado com o dimensional máximo do cubo de roda do pneu, que fornece, através, da aplicação da Segunda Lei de Newton, as forças resultantes no protótipo, que possibilitam a determinação das reações mecânicas na estrutura do carro, como flexão pura, tensão e deformação, conforme [3] e [4], além de técnicas e cálculos de resistência em solda e rolamentos segundo Norton [5] e Pareto [8], findando com o dimensionamento levando em consideração as recomendações de [7] quanto ao coeficiente de segurança para o projeto.

### III.1 MEMORIAL DE CÁLCULO

Nessa etapa dimensiona-se matematicamente o protótipo afim de construí-lo dentro das especificações que atendam os objetivos de segurança, de praticidades e financeiro. Dessa forma, para o equacionamento do projeto fora levado em consideração alguns parâmetros iniciais, de construção e carga, tais como:

1. A carga máxima transportada pelo protótipo deve ser de 400kg;
2. A estrutura deve ser feita, principalmente, de tubo comercial;
3. As dimensões dos tubos devem ser suficientes para abraçar o cubo com as duas rodas montadas;
4. O coeficiente de segurança utilizado é igual a 2;
5. O material do tubo é o ASMT A53 *schedule* 40;
6. Resistência a tração do material  $R_t$  330 Mpa;
7. Limite de escoamento  $Le$  é igual a 205 Mpa;
8. O conjunto cubo mais pneus é tomado como uma carga uniformemente distribuída;
9. O peso líquido do projeto é de 70 kg;
10. Vida útil do rolamento de 24000 horas;
11. A distância da base do projeto e o piso não devem ser inferiores a 25mm;

### III.2 CRIAÇÃO DO PROTÓTIPO COM AUTODESK INVENTOR HSM

Uma questão importante na produção de protótipos é a conferência dos modelos virtuais e físicos afim de efetuar os ajustes necessários [9].

No desenvolvimento de protótipos mecânicos é de suma importância a modelagem do mecanismo em 3D, pois é possível observar uma prévia quanto ao design, estrutura e funcionalidade do protótipo. Como ponto inicial para a criação do projeto foi elaborado através de *software Inventor hsm* uma projeção em 3D do projeto inicial, no qual norteou a construção do protótipo e facilitou a discriminação do material necessário para execução do projeto. Apresentação da perspectiva do projeto em 2D conforme figura 6.



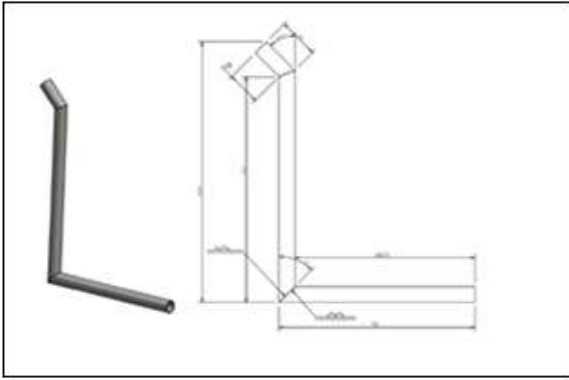


Figura 6: Perspectiva 2D da estrutura externa do projeto.

Fonte: Autores, (2019).

Para o desenvolvimento do Projeto, o projeto foi subdividido em três estruturas que fundamentam o funcionamento do dispositivo.

Inicialmente se desenvolveu a estrutura externa do carro, no qual será feita a solda da parte externa do projeto juntamente com a montagem, como pode ser visto na figura 7.

Figura 7: Estrutura externa do projeto montada e com pontos de solda.

A segunda parte a ser projetada foi à estrutura interna do Projeto. Essa estrutura é articulada para facilitar a regulação de altura para adaptação às limitações encontradas em cada caso que poderá ser aplicado, como pode ser visto nas figuras 8 e 9.

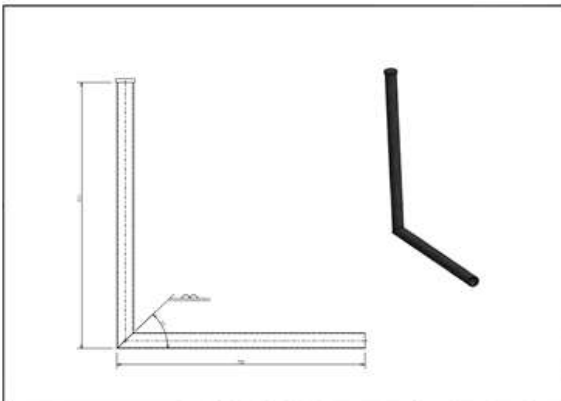


Figura 8: Parte da Estrutura interna móvel

Fonte: Autores, (2019).

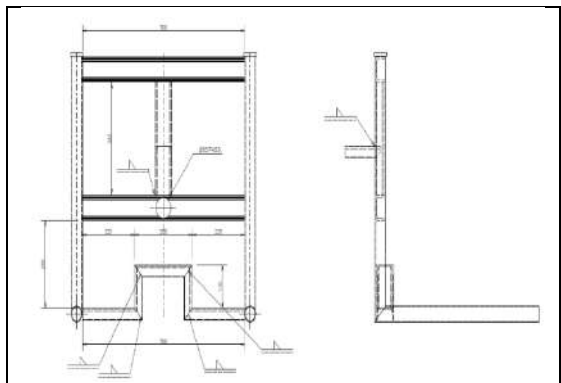


Figura 9: Detalhe da estrutura interna montada e com pontos de solda.

Fonte: Autores, (2019).

A terceira se projeta avarança, trata-se do mecanismo para facilitar na remoção do pneu instalado no veículo. Para isso, utilizou-se uma estrutura em forma de alavanca, que apoiada ao a estrutura externa, possibilita o emprego de força concentrada na roda, imprimindo movimento movimento a conjunto do cubo ou pneu, executando assim sua retirada. Conforme apresentado na figura 10.

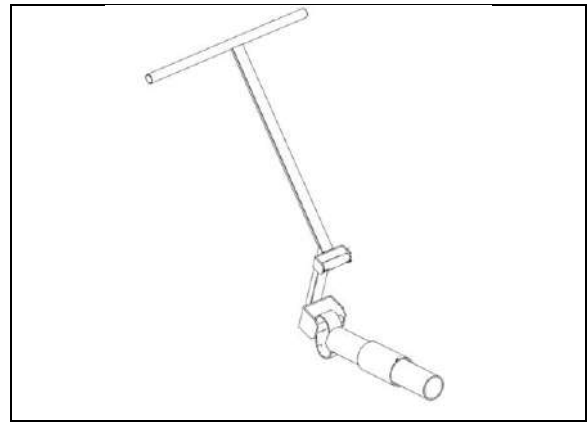


Figura 10: Alavanca de extração.

Fonte: Autores, (2019).

A quarta parte e ultima estrutura do mecanismo finalizada com todos os componetes montado da estrutura, conforme apresentado na figura 11 .



Figura 11: montado com todos os componentes do projeto.

Fonte: Autores, (2019).

### III.3 DETERMINAÇÃO DA FORÇA ESTÁTICA E APLICAÇÃO DO COEFICIENTE DE SEGURANÇA

Utilizando a segunda lei de Newton para a determinação da força em função da massa tem-se, segundo [4]:

$$F = m * a \quad (11)$$

Onde;  
 F= força em N  
 m= massa em Kg  
 a= aceleração m/s<sup>2</sup>

Para a resolução do problema adotou-se a aceleração gravitacional igual a 9,81 m/s<sup>2</sup>.

Dados:  $m = 400\text{kg}$  – Peso do conjunto da roda, pneu, cubo e tambor.

$$F = 400 \text{ Kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 3,924\text{KN}$$

Aplicando-se o fator de segurança de segurança igual a 2, tem-se:

$$F_s = \frac{F_{\text{corrigida}}}{F} \quad (12)$$

$$F_{\text{corrigida}} = 2 * 3,924\text{KN}$$

$$F_{\text{corrigida}} = 7,84\text{KN}$$

### III.4 DETERMINAÇÃO DE REAÇÕES NOS APOIOS, MOMENTO E FORÇAS CORTANTES MÁXIMAS.

Para a determinação de reações nos apoios da estrutura externa horizontal onde serão instalados os rolamentos, que por sua vez são os apoios de todo o projeto, toma-se como referência o esquema visto na figura 12, realizado através do *software* BeamDesing:

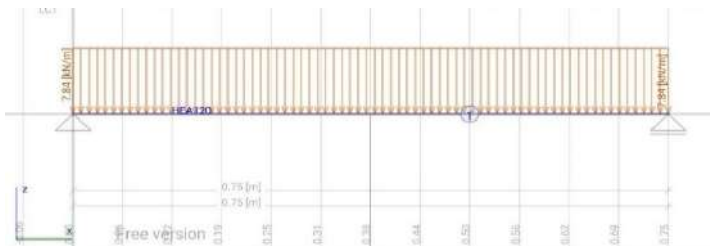


Figura 12: Esquema de forças e apoios para estrutura. Fonte: Autores, (2019).

Ainda com a utilização do *software*, pode-se visualizar as resultantes nos apoios, os diagramas de momento (M) e o diagrama de força cortante (V), como visto na figura 13.

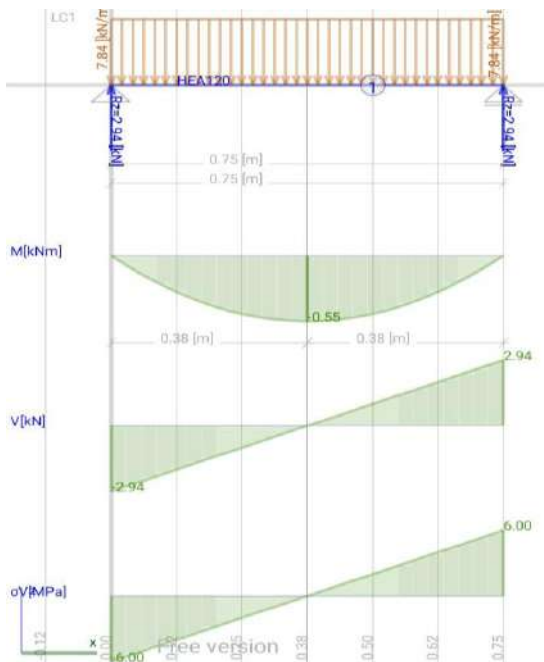


Figura 13: Diagramas de momento, força cortante e reações nos apoios. Fonte: Autores, (2019).

Esses resultados também podem ser observados nos cálculos de reações de apoio, momento e força cortante, através das fórmulas, como cita [4].

$$\begin{aligned} \sum f_x &= 0 \\ \sum f_y &= 0 \\ \sum fMa &= 0 \end{aligned}$$

Assim;

$$\sum f_y = RA + RB - F * d \quad (13)$$

$$RA + RB = 7,84\text{KN} * 0,75\text{m}$$

$$RA + RB = 7,84\text{KN} * 0,75\text{m}$$

$$RA + RB = 5,88\text{KN}$$

$$\sum fMa = 0$$

$$\sum fMa = RB * d - 5,88\text{KN} * d$$

$$0 = RB * 0,75 - 5,88\text{KN} * 0,375$$

$$RB = 2,94 \text{ KN}, \text{ logo } RA = 2,94 \text{ KN}$$

Para cálculo da força cortante máxima, segundo [4], pode-se fazer uso da equação:

$$V = \int -y * dx \quad (14)$$

$$V = \int -7,84 * dx$$

$$V = -7,84x + C$$

Para a determinação de C toma-se x igual a 0 (zero) e V igual RA, logo:

$$C = 2,94 \text{ KN}$$

Determinando assim a equação para a determinação das foças cortantes, dado por:

$$V = -7,84x + 2,94$$

Ainda segundo [4], podemos determinar os momentos na estrutura integrando a força cortante, tal que.

$$M = \int V dx \quad (15)$$

$$M = \int -7,84x + 2,94$$

$$M = -3,92x^2 + 2,94x + C$$

Assim como na equação de força cortante, para a determinação de (C), toma-se (x) igual a 0 (zero) (Ma) também igual a 0 (zero) como visto na somatória de momentos. Assim, a equação para a determinação de momento na estrutura é:

$$M = -3,92x^2 + 2,94x$$

$$\text{Sendo } M_{\text{max}} = 0,551\text{N} * \text{m}$$

Determinação da tensão de cisalhamento do tubo da estrutura. Como se propôs utilizar tubos para a construção do projeto, é, portanto, preciso considerar o perfil transversal do tubo para a determinação das tensões de cisalhamento.

Para [4], a tensão plena pode ser obtida pela equação:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (16)$$

Considerando a força obtida nos cálculos anteriores e a tensão máxima para tubos ASMT A53, pode-se determinar a diâmetro externo do tubo, pela equação a seguir.

$$330 \text{ MPa} = \frac{7,84 \text{ KN}}{\pi R^2} \quad (16.1)$$

$$R^2 = \frac{330 \text{ MPa}}{7,84 \text{ KN}\pi}$$

$$R = 27,49 \text{ mm}$$

$$D = 54,99 \text{ mm}$$

Para tubo comercial mais próximos fora adotado o tubo com diâmetros externo de 2'' (polegadas).

Contudo, para a determinação da tensão sobre o tubo, tomando nota o perfil vazado do mesmo, e já conhecendo seu diâmetro externo, aplica-se a seguinte equação:

$$\sigma = \frac{M * c}{I} \quad (17)$$

Onde  $I$  pode ser determinado por:  $I = \frac{\pi}{64} * ((D^2)^2 - (d^2)^2)$ , em que  $D$  equivale a 60,3mm e  $d$  52,48mm, tomando como base a Norma Brasileira NBR 5590 para tubos schedule 40.

Assim,

$$\sigma = \frac{0,55 * 0,0635}{2,7664 * 10^{-7}}$$

$$\sigma = 126, \text{ GPa}$$

### III.5 DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE ESCOAMENTO NO TUBO

Como última análise para a estrutura externa do tubo, fora calculado o limite de escoamento no material ao ser exposto a tensão computada, tomando como equação o módulo de Young, tal como:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (18)$$

$$2050 = \frac{126}{\varepsilon}$$

$$\varepsilon = 0,061$$

Para determinar o alongamento do tubo fora utilizado a equação da deformação específica.

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \quad (19)$$

$$0,061 = \frac{L - 0,75}{0,75}$$

$$L = 0,8 \text{ mm}$$

### III.6 DETERMINAÇÃO DO TIPO DE ROLAMENTO PELO ESFORÇO APLICADO

Para uma escolha fundamentada e precisa dos rolamentos, que são os suportes do projeto, foram determinadas peças que atendassem aos requisitos de diâmetro, valor de mercado e capacidade de carregamento. Essa avaliação pode ser realizada a partir da determinação dos esforços nos apoios que norteou a eleição dos rolamentos com base em suas tabelas técnicas. Como o esforço máximo aplicado em cada rolamento é de 2,94 KN, ou seja,

294 Kg pode-se determinar a carga máxima aplicada ao rolamento, pela equação:

$$F = \frac{2FM + Fm}{3} \quad (20)$$

$$F = \frac{2 * 2,94 \text{ KN} + 7000 \text{ N}}{3}$$

$$F = 4,3 \text{ KN}$$

$$F = 430 \text{ kg}$$

$$C = \frac{fh * F}{fn}$$

$$C = \frac{3,5 * 4300 \text{ N}}{1,5}$$

$$C = 10000 \text{ N}$$

Desta forma, o rolamento comercial que atendeu os requisitos impostos pelas dimensões do carro e ao mesmo tempo suporta as condições de carga e utilização, com base nos dados técnicos do fabricante, fora o rolamento fixo de uma carreira 6910 ZZ VV DDU.

### III.7 DETERMINAÇÃO DAS TENSÕES NOS PONTOS DE SOLDA

Para a determinação das resistências às tensões atuantes nos pontos soldados, tomou-se como referência a tabela 2, deste trabalho, que expõe a tensão nos pontos de soldas, para solda de canto, utilizada na construção do projeto, é dada como 0,65K. Dessa maneira, a tensão admissível nos pontos de solda, em relação ao material de construção equivale a 210MPa. Valor que se enquadra nos esforços já calculados.

## IV. CONCLUSÃO

Sempre que pensamos em projetar/criar uma peça ou equipamento, precisamos ter em mente as diversas formas de representar as nossas ideias. O projeto mecânico, visa a melhor forma de representar através do desenhos técnicos, que especificam todas as medidas e formas dos objetos, e têm a garantia de serem interpretados de forma clara, assim o detalhamento de Projeto são feitos em softwares CAD, como AutoCad, Inventor HMS e Outros. projeto, é necessário que haja a garantia de funcionalidade por etapas de Cálculos Estruturais como demonstrado nos tópicos : III.3 Determinação da força estática e aplicação do coeficiente de segurança, III.4 Determinação de reações nos apoios, momento e forças cortantes máximas, III.5 Determinação do limite de escoamento no tubo, III.6 Determinação do tipo de rolamento pelo esforço aplicado. Onde estabelece-se a dimensão e a capacidade de sustentação dos elementos básicos de uma estrutura, onde são dimensionados os componentes, e é feito com embasamento nos cálculos. O projeto desenvolvido baseia-se no esforço manual do operador, desta forma, é possível adaptar dispositivo pneumático ou hidráulico visando reduzir o esforço físico do operador.

## VI. REFERÊNCIAS

[1] Fleming, Paulo V. França Sandro R.R.O.; Considerações Sobre a implementação Conjunta de TPM e MCC na Indústria de Processos; ABRAMAN; 1997.

- [2] Panizza, A.C.; Ruschel, R.C. Avaliação da Competência Para Colaboração em CAD Associada à Utilização da Tecnologia da Informação no Desenvolvimento do Projeto. In: Seminário de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil, 2., 2005, São Paulo., 2005. Disponível em: <[www.infohab.org.br/acervos/buscatipo/codigoTipo/10/page/2353](http://www.infohab.org.br/acervos/buscatipo/codigoTipo/10/page/2353)> acesso em: 14 de ago. 2017.
- [3] Budynas, Richard; Elemento de máquinas de Shigley Projeto de engenharia mecânica . Tradução técnica João Batista de Aguiar, 8. ed. Porto Alegre, 2011.
- [4] Hibbeler, Russell Charles Resistência dos materiais I Russell Charles Hibbeler 7. ed. - São Paulo : Pearson Prentice Hall, 2010.
- [5] Norton, Robert L., Projetos de Máquinas: uma abordagem integrada . ed. – Porto Alegre, Bookman, 2013.
- [5] Robert L. Norton -Projeto de máquinas. 4º ed. Porto Alegre. Bookman. 2013.
- [6] Chiaverini, Vicente. Tecnologia mecânica: estrutura e propriedades das ligas metálicas. Volume I. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1986.
- [7] Juvinall, R C; Marshek, K. M. Fundamento do projeto de componentes de máquina. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- [8] Pareto, Luis, Formulário técnico elementos de máquinas, CEAC S.A, Barcelona (Espanha), 2003, por Hemus.
- [9] Grimm, Todd. Rapid Prototyping – User’s Guide. Society of Manufacturing Engineers, 2004
- [10] Gil, Carlos Antonio, 1946 Como elaborar Projetos de Pesquisa -3 ed.- São Paulo: Atlas 1991.

## UNVEILING THE INDUSTRY 4.0 CONCEPT AND THE USE OF ITS TECHNOLOGIES

Felipe Fernando da Silva Vieira<sup>1</sup>, Manoel Henrique Reis Nascimento<sup>2</sup>, Caio César Lacerda Figueiredo<sup>3</sup>, Aline Santos do Nascimento<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> Fundação Centro de Análise e Pesquisa e Inovação Tecnológica (FUCAPI) – Av. Gov. Danilo de Matos Aersa, 381 – Distrito Industrial, Manaus - AM.

<sup>4</sup> Ciências Naturais, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Brasil.

Email: [felipe\\_fernando@live.com](mailto:felipe_fernando@live.com), [hreys@bol.com.br](mailto:hreys@bol.com.br), [kaio.cesr@gmail.com](mailto:kaio.cesr@gmail.com), [alynne\\_santos2000@hotmail.com](mailto:alynne_santos2000@hotmail.com)

Received: May 22<sup>th</sup>, 2019

Accepted: May 24<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

One of the most commented subjects currently in companies that are looking for excellence is certainly the Industry 4.0. A technological advance that if not implemented in a successful way can cause the loss of competitiveness and non-survival of the company, on the contrary can make it a reference in the current market. It is natural that with the advancement of any segment we have doubts regarding its approach. The purpose of this article is to describe the concepts, applications and maturity levels of Industry 4.0, as well as to clarify its degree of maturity in relation to industrial automation that is also part of this concept, but that did not emerge from it. It also presents the main enabling technologies that drive it, its relevance and interaction in the industry and examples of companies that in Brazil are already applying the concepts of the current revolution and the technologies that characterize it.

**Keywords:** Industry 4.0, Internet of Things, Maturity, Advanced Manufacturing

## DESVENDANDO O CONCEITO INDÚSTRIA 4.0 E O USO DE SUAS TECNOLOGIAS

### RESUMO

Um dos assuntos mais comentados atualmente nas empresas que buscam a excelência sem dúvida é a indústria 4.0. Um avanço tecnológico que se não implementado de forma bem sucedida pode causar a perda de competitividade e a não sobrevivência da empresa, ao contrário pode torná-la referência no mercado atual. É natural que com o avanço de qualquer segmento tenhamos dúvidas com relação a sua abordagem. O objetivo deste artigo é descrever os conceitos, aplicações e os níveis de maturidade da indústria 4.0, como também esclarecer o seu grau de maturidade em relação a automação industrial que também faz parte deste conceito, mas que não surgiu a partir dele. Também apresenta, as principais tecnologias habilitadoras que a impulsionam, sua relevância e interação na indústria e exemplos de empresas que no Brasil já estão aplicando os conceitos da revolução atual e as tecnologias que a caracterizam.

**Palavras-chaves:** Indústria 4.0, Internet das Coisas, Maturidade, Manufatura Avançada.

## I. INTRODUÇÃO

Estamos vivendo na era digital, o mundo vive em constantes mudanças e devemos levar como obrigação a reciclagem dos nossos conhecimentos e de nossos processos, para que estejamos aptos a nos adequar diante dessas transições. O avanço da tecnologia é o grande causador dessas mudanças, sendo assim, não deve ser tratada como uma simples questão de escolha, é notório que tudo gira em torno dela, portanto, é imprescindível que devemos utilizar de ferramentas tecnológicas no cenário em que vivemos hoje.

A expansão tecnológica tem sido um dos fatores de grande importância para a sobrevivência das indústrias. Grandes empresas chegaram a falência por não implantarem a cultura da inovação ou implantação de maneira não consciente, pois parte desse insucesso está ligado a utilização inadequada ou até mesmo a não utilização dessas ferramentas. E para que não aconteça desastres desse tipo, a melhor saída é sempre está aberto a inovações, reinventar seus negócios e processos.

Inovar é ponto crucial para que empresas mantenham-se erguida e competitiva, e dependendo do segmento corporativo como chão de fábrica, é impossível que sobrevivam sem o uso das tecnologias, pois necessitam de agilidade e qualidade em seus processos para que atendam as demandas e a satisfação de seus clientes. E a inovação não se restringe apenas as indústrias, como também obriga as pessoas a se inovarem, com a possível extinção de algumas profissões e o surgimento de novas, em um futuro próximo e promissor.

Pensando nisso, o artigo tem como propósito apresentar o ponto em que chegamos para que toda essa inclusão tecnológica passasse a se tornar uma obrigação não só para as indústrias, mas também para as pessoas, através da abordagem de um breve resumo desde o surgimento da primeira revolução industrial até o novo conceito revolucionário do momento chamado de Indústria 4.0. Quais foram as principais características de cada fase da indústria que causaram grandes impactos para serem consideradas como ‘revoluções’. Para a quarta revolução industrial, quais são as tecnologias habilitadoras, como elas estão integradas nessa fase e quais tecnologias estão causando o grande diferencial no mercado atual e exemplos desse novo conceito tecnológico aplicados no Brasil.

## II. O QUE É A INDÚSTRIA 4.0?

O termo indústria 4.0 surgiu na Alemanha em 2011, na feira Hannover Messe, líder mundial em automação industrial. Foi apresentado como projeto estratégico e de alta tecnologia para promover a manufatura alemã e impulsionar suas exportações. O conceito agrega as principais inovações tecnológicas para diversos segmentos que se aplicam em processos de fabricação e serviços.

O que todos esses termos têm em comum é o reconhecimento de que os métodos tradicionais de manufatura e produção estão no meio de uma transformação digital. Há algum tempo, o processo industrial adota cada vez mais a moderna tecnologia da informação (TI), mas as tendências mais recentes do processo vão além da automação da produção que, desde o início dos anos 70, foi impulsionada pelos desenvolvimentos em eletrônica e TI [1].

## III. REFERENCIAL TEÓRICO

### III.1 O CAMINHO ATÉ A INDÚSTRIA 4.0

Indústria 4.0 significa que esta é a quarta revolução industrial do mundo, sucessora de três revoluções industriais anteriores que causaram grandes saltos na produtividade e mudou a vida das pessoas em todo o mundo [2].



Figura 1: Evolução Industrial.

Fonte: [3].

A seguir uma curta síntese que explana o que foi a evolução das indústrias com foco em suas principais características que as denominaram como revoluções industriais:

**1º Revolução Industrial:** A primeira “Revolução Industrial”, começou no Reino Unido no final do século XVIII e terminou em meados do século XIX. Representou a mudança de uma economia agrária, à base de artesanato, para uma economia liderada pela indústria e pela fabricação de máquinas com a introdução de métodos de produção mecânica e a aplicação de energia a vapor [4].

As características mais significativas desse período foram a substituição do trabalho artesanal por assalariado, uma nova concepção do trabalho diminuindo esforços humanos e concentrando em máquinas, o que era manual começou a se tornar mecânico, a utilização das máquinas a vapor e o desenvolvimento de produtos químicos.

**2º Revolução Industrial:** A segunda revolução industrial foi um progresso científico e tecnológico que ocorreu na Inglaterra, França e Estados Unidos.

O segundo período teve início no princípio do século XX. Foi marcado pela era da produção industrial em massa, na qual princípios da linha de montagem eram voltados para criação de produtos de consumo em massa. A introdução da energia elétrica auxiliou o conjunto de mudanças [4].

Henry Ford da indústria automobilística Ford implantada nos Estados Unidos, mudava então os rumos das indústrias com o modelo de produção em série, com a utilização de esteiras que transportavam as peças dos carros em fabricação.

Os operários montavam os carros com as peças que chegavam em suas mãos em outra esteira. Esse método de racionalização de produção foi denominado de fordismo [5].

**3º Revolução Industrial:** A terceira revolução iniciada na década de 70 é marcada pela automatização dos processos de produção com a implantação de produtos eletrônicos e TI em processos industriais [4].

Os avanços foram imensos, principalmente no desenvolvimento de softwares, uso de Controladores Lógicos

Programáveis (CLPs), nos campos da microeletrônica, robótica, transistores, circuitos eletrônicos, telecomunicações e da informática, no geral [6].

Nesse período a computação e a robótica foram os destaques nas indústrias. Observou-se a revolução dos transmissores de Rádio e TV, a internet conectando o mundo, a telefonia fixa que mais tarde tornava-se telefonia móvel, o conhecimento da indústria aeroespacial, biotecnologia, nanotecnologia e muitas outras inovações. As tecnologias dessa revolução estão sendo usadas como base para a quarta revolução industrial.

**4º Revolução Industrial:** Durante a próxima década, a quarta revolução industrial dará início a uma era de produção “descentralizada”. O uso de tecnologia de sensores, interconectividade e análise de dados permitirá a fusão dos mundos reais e virtuais na produção [4].

Em outras palavras, a quarta revolução é um conjunto de elementos tecnológicos que integrados se beneficiam da redução dos limites entre o mundo virtual e o mundo físico, o que permite trabalhos colaborativos entre humanos e máquinas. Um de seus componentes chaves é a utilização de sistemas de produção cyber-físicos (CPS).

Nas palavras de [7], “estamos no início de uma revolução que está mudando fundamentalmente a forma em que vivemos, trabalhamos e nos relacionamos um com outro”. Referindo-se ao

novo modelo de interação e trabalho que será implantado dando início as indústrias inteligentes.

As transformações associadas ao conceito da Indústria 4.0 apresentam potencial para aumentar a flexibilidade, a velocidade, a produtividade e a qualidade dos processos de produção [8].

#### IV. TECNOLOGIAS HABILITADORAS

Agora que já descreveu-se os principais fatores que obrigaram as indústrias a abrir mão de suas culturas iniciais e que ao longo dos anos continuaram com a necessidade de saírem de suas zonas de conforto para manter-se em um nível competitivo, garantir sua sobrevivência, mudar as condições de trabalho de seus empregados, melhorar a qualidade de seus produtos e serviços. Observou-se o quanto importante foram todas essas revoluções e que estamos agora partindo para uma nova revolução, a indústria 4.0. É apresentado a seguir, as 9 principais tecnologias que habilitam a revolução 4.0, segundo o relatório do [9].

As principais tecnologias habilitadoras desenvolvidas ou em desenvolvimento, são capazes de implementar no universo industrial e social parte das mudanças que as bases da quarta revolução propõe e elas tem gerado maior impacto para indústria e sociedade. São elas:



Figura 2: Tecnologias Habilitadoras.

Fonte: Adaptado de [9].

**1 - Internet Industrial das Coisas:** A Internet das Coisas nada mais é que uma extensão da Internet atual, que proporciona aos objetos do dia-a-dia (quaisquer que sejam), mas com capacidade computacional e de comunicação, se conectarem à internet. A conexão com a rede mundial de computadores viabilizará, primeiro, controlar remotamente os objetos e, segundo,

permitir que os próprios objetos sejam acessados como provedores e serviços [10].

Na indústria 4.0, a Internet das Coisas auxilia na união entre os ambientes virtual e físico, no que resulta o ambiente cyber-físico e esse processo vem sendo chamado de *Internet Industrial das Coisas* (do inglês, Industrial Internet of Things). Ela também é responsável pela criação de redes inteligentes entre máquinas,

processos, sistemas de comunicação e produtos durante todo seu ciclo de vida.

A IIoT contribui bastante na agilidade de tomadas de decisão por fornecer dados em tempo real, baseados nas informações que são compartilhadas pela rede inteligente, otimizando os tempos de produção e logística, aumentando a qualidade dos produtos e reduzindo gastos de energia.



Figura 3: Conectividade IIoT.

Fonte: Adaptado de [1].

**2 - Computação em Nuvem:** Métodos tradicionais de armazenamento e compartilhamento de arquivos tem perdido forças na última década, a internet trouxe vários benefícios e um deles é a *Computação em Nuvem* (do inglês, Cloud Computing) que surgiu com o objetivo de simplificar o panorama entre o usuário e software.

Para [11] computação em nuvem: “Contempla a criação de modelos para acesso ubíquo, conveniente e sob demanda a diversos recursos computacionais compartilhados (como redes, servidores, dispositivos de armazenamento, aplicações e serviços) rapidamente fornecidos e lançados com o mínimo de gerência ou interação com provedores de serviços. Permite oferecer novos serviços e infraestruturas para software”.

Pode-se dizer que nuvem é um recipiente de recursos construído para se adequar as necessidades do cliente em questões de armazenamento de dados, ficando disponíveis para acesso a qualquer hora e lugar, em tempo real através da internet.

Empresas já estão usando softwares e análises baseadas em nuvem, mas com a Indústria 4.0 um maior número de tarefas relacionadas a produção requer um maior compartilhamento de dados entre locais e empresas. Ao mesmo tempo, os desempenhos das tecnologias nas nuvens melhorarão, atingindo tempos de reação e de alguns milissegundos. Como resultado, os dados e a funcionalidade das máquinas serão cada vez mais implementados na nuvem, permitindo mais serviços orientados a dados para sistemas de produção. Até mesmo sistemas que monitoram e controlam processos podem se tornar baseados em nuvem [9].

**3 - Big Data:** Na indústria conectada do ambiente Indústria 4.0, os equipamentos, máquinas e processos estão continuamente gerando dados, que trafegam até os sistemas de gestão, e consequentemente criando um enorme volume de informação. Em tecnologia da informação, esse grande volume é chamado de Big Data. Diz-se que o Big Data se baseia em 5 V's: Velocidade, Volume, Variedade, Veracidade e Valor [12].



Figura 4: 5 V's do Big data.

Fonte: Adaptado de [13].

Para [14], o Big Data atua na diminuição de erros na produção, redução de custos, operações com melhor desempenho, planejamento estratégico mais embasado por parte dos gestores e criação de sistemas preditivos para manutenção de máquinas.

**4 - Robôs Autônomos:** Os robôs são utilizados para substituir o ser humano na execução de atividades em locais insalubres e que põe em risco a saúde do homem. No âmbito industrial, os robôs vem colaborando no aumento da produtividade, na qualidade dos produtos, na redução do consumo de energia, e têm evitado riscos à saúde e segurança do trabalhador.

Na indústria 4.0, os robôs autônomos tendem a assumir, cada vez mais, a execução de tarefas padronizadas e, até mesmo, trabalhos mais complicados. Ele vão passar a executar o mais difícil, enquanto o funcionário apenas atuará para complementar a atividade. Os robôs podem, inclusive, aprender como calcular o melhor trajeto entre um ponto e outro, pois têm um grau de autonomia capaz de ajustá-los a qualquer realidade. Mas vale a pena ressaltar que esse trabalho conjunto não pode ser feito por um robô qualquer, mas, sim, por um robô colaborativo que não expõe o ser humano a riscos. Quando ele percebe que o profissional vai interagir, ele age de uma maneira segura, e quando entende que o ser humano se afastou, passa atuar de outra maneira [12].



Figura 5: Robôs Autônomos.

Fonte: [21].

**5 - Manufatura Aditiva:** A manufatura aditiva – MA (ou do inglês: Additive Manufacturing – AM), também conhecida como impressão em 3D, refere-se a processos usados para criar um objeto tridimensional, em que camadas de material são formados sob controle de computador. Os objetos podem ser de qualquer forma ou geometria e são produzidos usando dados de modelo digital 3D ou outra fonte eletrônica de dados, como um arquivo AMF (Additive Manufacturing File). Assim, ao contrário do material ser removido, como ocorre no processo de usinagem



convencional, a impressão 3D ou MA constrói um objeto tridimensional a partir do modelo CAD ou arquivo AMF, adicionando sucessivamente material camada a camada [12].

Na indústria, a manufatura aditiva está contribuindo para uma maior flexibilidade da indústria, a fim de trazer novas soluções de produção (produtos mais flexíveis e complexos com baixo custo adicional) ou formando uma nova cadeia de fornecimento, com redução de estoques, prazos de entrega mais curtos ou a combinação de ambos [4].

**6 - Simulação Digital:** Na indústria 4.0 ou em qualquer outro segmento, consiste na utilização de ferramentas e softwares de modelagem tridimensional que simula o ciclo de um determinado processo, possibilitando criar protótipos virtuais, maximizando o processo de produção. Técnica que baseada em modelos matemáticos e representações 3D de máquinas, equipamentos e processos que permite testar e otimizar processos e produtos ainda na fase de concepção. Deste conceito, encontramos alguns termos já conhecidos no mercado, como Gêmeo Digital (Digital Twin), Gêmeo Virtual, entre outros. A Simulação Digital pode ser utilizada também na simulação de variáveis reais de processos produtivos, de maneira que sejam testados diversos modelos matemáticos dos processos, para que se encontre o melhor nível de otimização no tempo de execução e no uso dos recursos, insumos e energia [12].

**7 - Integração de Sistemas:** Consiste na utilização de sistemas de TI que integram uma cadeia de valor automatizada, por meio da digitalização de dados. Essa integração possibilita que os dados criados no momento de atendimento ao cliente percorram todo processo de produtivo e logístico, possibilitando a gestão de dados de produtos personalizados. Por outro lado, no ambiente da indústria, os dados trafegam no sentido vertical, desde os sensores e atuadores do chão de fábrica, até os sistemas de ERP que fazem a gestão da empresa [12].



Figura 4: Integração Vertical de Sistemas.

Fonte: [22].

**8 - Realidade Aumentada:** A realidade aumentada – RA (ou do inglês: Augmented Reality – AR) é uma visão ampliada de elementos físicos do mundo real, cujos são “aumentados” por entrada sensorial gerada por computador, como som, vídeo, gráficos ou dados GPS. Está relacionado a um conceito mais geral, chamado de realidade mediada por computador, em que uma visão da realidade é modificada (possivelmente até diminuída em vez de aumentada) por um computador. A realidade aumentada, aumenta a percepção atual da realidade, enquanto, em contraste, a realidade virtual substituiu o mundo real por uma simulada. Na indústria 4.0,

as aplicações da Realidade Aumentada podem ir desde uma aplicação como suporte aos processos de montagem nas linhas de produção, como ferramenta auxiliar para a manutenção remota, até aplicação em treinamentos de técnicos em novos equipamentos e processos [12].

**9 – Segurança Cibernética:** Com a inserção do conceito e conectividade das tecnologias da indústria 4.0, o volume de dados cresce de maneira exorbitante, logo o armazenamento desses dados na nuvem exige uma grande atenção com relação à segurança. Para garantir a confiabilidade e segurança dessas informações, sistemas avançados de criptografia são desenvolvidas com maior frequência. Atualmente, sistemas de controle industrial que se conectam permanentemente via TCP / IP e Ethernet são uma visão comum, assim como o uso de sistemas sem fio padronizados. Todos esses protocolos foram desenvolvidos e analisados detalhadamente, e eles oferecem a maturidade e a confiabilidade que a Indústria 4.0 exige [12].

## V. GRAU DE MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0

A agilidade é umas das características essenciais para que as indústrias alcancem um patamar elevado e é um fator determinante para o sucesso. Com a chegada do conceito da quarta revolução industrial, vimos que é possível que as empresas alcancem o nível de excelência, com a integração das tecnologias que o termo proporciona. Mas aderir dessas tecnologias não é tarefa simples, pois a Indústria 4.0 é um conceito tecnológico muito bem evoluído, eficiente e entrega produtos bem mais alinhados para seus clientes, o que pode ir muito além do que sua empresa oferece hoje. Sendo assim, é importante saber em que nível sua organização se encontra atualmente.

Um estudo realizado pela Academia Nacional de Ciência e Engenharia Alemã (ACATECH), oferece um modelo de maturidade que auxilia as empresas na adaptação dos recursos que elas possuem hoje para se integrar na nova revolução, descobrindo qual seu nível de maturidade focando em verificar qual sua proximidade à ela.

O caminho para a indústria 4.0 é diferente para cada empresa baseando-se em seus princípios, deve ser analisado seus objetivos estratégicos para os próximos anos, as tecnologias que eles já utilizam e o modo como operam. O estudo realizado dentro desses quesitos determina com propriedade quais as capacidades que precisam adquirir e o que precisa ser descartado a fim de introduzir uma integração com êxito.

## V.1 ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO

O conceito da quarta revolução industrial está ligada diretamente a modernização dos processos industriais, como a renovação significativa de suas competências e capacidades tecnológicas, envolvendo grandes mudanças nas organizações.

Essa transformação é de extrema complexidade e geralmente leva vários anos para ser concluída. É necessário planejamento qualificado e implementação adequada, de modo que gere impactos positivos sobre a lucratividade, tornando o negócio eficiente e crescente à cada estágio da transição.

Hoje, as empresas ainda estão enfrentando desafios de criar condições básicas para a Indústria 4.0. Assim, o caminho do desenvolvimento começa com a digitalização. Embora a digitalização não faça parte indústria 4.0, a informatização e a conectividade são requisitos básicos para sua implementação.

Esses dois estágios iniciais são seguidos por quatro estágios adicionais nos quais os recursos para a Indústria 4.0 são desenvolvidos [15]. Conforme pode ser observado na Figura 5 a seguir.



Figura 5: Estágios de desenvolvimento para Indústria 4.0.

Fonte: Adaptado de [15].

### V.1.1 ESTÁGIO 1: INFORMATIZAÇÃO

O primeiro estágio no caminho da maturidade à Indústria 4.0 contempla na utilização de tecnologias que são base para a digitalização. São utilizadas diferentes tecnologias que operam de forma isolada uma das outras e esta etapa já está bem desenvolvida em grande parte das indústrias. Ela proporciona benefícios como: a possibilidade de fabricação barata a padrões bem mais elevados, atua na execução de tarefas repetitivas e de rotina possibilitando um maior grau de precisão. Um exemplo são as máquinas CNC [15].



Figura 6: Máquina CNC.

Fonte: [16].

### V.1.2 ESTÁGIO 2: CONECTIVIDADE

No segundo estágio, a implantação isolada da Tecnologia da Informação é substituído por componentes conectados. As aplicações e tecnologias estão totalmente ligadas umas às outras e refletem os principais processos da empresa. Os principais benefícios dessa etapa são a interoperabilidade e conectividade entre os sistemas, porém ainda não possui integração total das tecnologias da informação com as de operação. Uma forte característica desse estágio é a possibilidade de compartilhamento de informações operacionais através do protocolo de Internet (IP – Internet Protocol), que é uma peça fundamental para a Internet das Coisas. Os projetos de engenharia nesta etapa possuem mais agilidade e eficiência, uma vez que criado, seus dados são

empurrados para produção e após finalizado sua confirmação pode ser fornecida automaticamente em tempo real [15].

### V.1.3 ESTÁGIO 3: VISIBILIDADE

No estágio da visibilidade, os sensores IoT permitem que os processos sejam capturados por diferentes pontos de dados do início ao fim. Os eventos e estados podem ser gravados através destes sensores, fornecendo visibilidade do processo em toda a empresa por meio da conexão entre tecnologia da informação e automação, e este não se limita apenas nas áreas individuais como anteriormente. Tornando possível manter um modelo digital atualizado de fábricas a todo momento. Esse modelo é denominado como “sombra digital da indústria”, com objetivo de indicar a situação atual dos processos, máquinas, materiais e pessoas da empresa, em outras palavras, um mapeamento de todas as informações geradas com ágil tempo de reposta, permitindo uma análise mais robusta de fatores críticos que podem prejudicar os projetos e processos da empresa. A visão unificada dos recursos em tempo real, rastreabilidade dos eventos e estados, tomadas de decisões baseadas em informações precisas são os principais benefícios do terceiro estágio [15].

### V.1.4 ESTÁGIO 4: TRANSPARÊNCIA

Vimos que no terceiro estágio envolve a criação da “sombra digital”, que mostra a situação atual da empresa através da captura dos dados, entendermos o que está acontecendo com a empresa e decidir quais ações necessárias devem ser tomadas. Já no quarto estágio é para tratarmos dos dados coletados anteriormente por meio de análises avançadas, permitindo identificar e interpretar as interações realizadas na sombra digital. Como na maioria das vezes o volume de dados são grandes, é necessário a utilização de técnicas do conceito Big Data para identificar os dados de massa que não conseguem mais ser processados e analisados usando processos de análise convencionais de negócio. O conceito Big Data é componente chave desta etapa, ele é aplicado juntamente à sistemas como ERP (Enterprise Resource Planning) ou MES (Manufacturing Execution Systems). A característica desse estágio é o monitoramento online dos equipamentos, máquinas e processos que emitem alertas quando ocorre algo fora do padrão, tornando um requisito para manutenção preditiva [15].

### V.1.5 ESTÁGIO 5: CAPACIDADE PREDITIVA

Esse estágio baseia-se na etapa da transparência. Através dos dados obtidos e tratados, a empresa é capaz de simular cenários futuros e analisar quais são os mais prováveis, a fim de conseguir agir antecipadamente à eventos que podem ser prejudicial ao projeto. A capacidade preditiva reduz o número de eventos inesperados causados, por exemplo, interrupções ou intermitência nos processos, máquinas e equipamentos, permitindo uma operação mais robusta do negócio e eventos como esses podem ser identificados por meio de sinalizações antecipadas de problemas recorrentes para serem evitadas em tempo útil, mas as ações tomadas nesta etapa ainda são manuais [15].

### V.1.6 ESTÁGIO 6: ADAPTABILIDADE

Por fim a última etapa para se alcançar a maturidade de indústria 4.0 é a adaptabilidade. A capacidade preditiva é um requisito fundamental para ações e tomadas de decisões

automatizadas, pois baseados nos dados coletados no quinto estágio, o sexto estágio fornece uma adaptação contínua que permite que uma determinada empresa delegue certas decisões para os Sistemas de TI, para que ele adapte as mudanças do ambiente de negócios rapidamente. No entanto, o grau de adaptabilidade depende da complexidade das decisões e da relação custo-benefício. O objetivo da adaptabilidade é alcançado quando uma empresa é capaz de utilizar os dados coletados nos estágios anteriores para tomadas de decisões com melhores resultados possíveis no menor tempo possível, para aplicar as medidas correspondentes de maneira autônoma, ou seja, sem intervenção humana [15].

Nessa fase, a empresa será capaz de identificar e solucionar problemas, conseguindo atender com flexibilidade de acordo com as mudanças nas demandas de novos produtos e serviços.

Portanto, com a adoção da manufatura digital é possível ter benefícios como: reduzir os ciclos desenvolvimento do produto e custos da manufatura, acelerar o tempo para comercialização, aumentar a qualidade do produto e melhorar na disseminação do conhecimento do produto [17].

## VI. AUTOMAÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0

A automação é uma das tecnologias que são base para a quarta revolução. A robótica por si só ou aplicada no conceito de automação industrial, é uma característica já estabelecida na terceira revolução de indústria. Isso tem confundido algumas pessoas com relação ao conceito da Indústria 4.0, pois no entendimento delas, ter automação em seu ambiente industrial, já torna uma empresa habilitada ao novo conceito.

Quando falamos de Indústria 4.0, significa que já alcançamos o maior nível de automação industrial e a melhor eficácia de produção, este faz parte do 1º estágio do nível de maturidade para desenvolvimento de integração do conceito.

Segundo [20], existem diversos tipos de sistemas de automação industrial para atender diferentes exigências e demandas de mercado. Por isso, no intuito de automatizar, as indústrias, antes de tudo, entender o que é a Indústria 4.0, depois projetar, avaliar e adquirir componentes automatizados a fim de construir um sistema automatizado. É por isso que todos os tipos de necessidades podem ser colocados sob um sistema de automação industrial, fazendo com que haja grande adequação a diferentes demandas. Em outras palavras, a customização de produtos, uma das principais características de resultado da Indústria 4.0.

## VII. INDÚSTRIA 4.0 APLICADO EM EMPRESAS BRASILEIRAS

No Brasil, algumas empresas já estão se integrando na nova revolução, seja para tornar-se referência no mercado garantindo sua competitividade, como para melhorias nas condições de trabalho, agilidade e customização de produtos, conquistando seu público alvo que são seus clientes.

A Embraer tem utilizado da tecnologia de simulação, utilizando treinamento virtual de decolagem em 3D, o que os trabalhadores fariam no chão de fábrica um ano antes do início da produção. O projeto teve 12 mil horas de testes antes das aeronaves decolarem. Defeitos que, normalmente, seriam detectados somente com o avião no ar, foram resolvidos ainda na fase de produção. Em sua linha de montagem, os operadores utilizam computadores e

tablets com tecnologia de realidade aumentada e, em caso de dúvida, há sempre um vídeo para explicar como realizar a operação. Com todos os ganhos da digitalização, o tempo de montagem já caiu 25% [18].

A ThyssenKrupp, um grupo industrial diversificado de alta tecnologia da Alemanha, inaugurou uma fábrica de componentes automotivos no Brasil em Poço de Caldas (MG). Todo seu processo produtivo segue o conceito de fábrica inteligente, suas tecnologias modernas estão combinadas e seus processos estão interconectados, é uma característica dos sistemas cyber-físico representando o futuro dos processos de manufatura [19].

Atualmente, a empresa automobilística Volkswagen do Brasil está investindo em robôs colaborativos, máquinas inteligentes, postos de trabalho que se comunicam interagindo com o veículo em processamento, fábrica digital, sistemas de rastreabilidade, logística inteligente, prototipagem em 3D, entre outros conceitos avançados que fazem parte da Indústria 4.0, melhorando seu nível de produção, aumentando a eficiência operacional, eliminando erros e reduzindo custos, com o objetivo de desenvolver uma fábrica inteligente.

## VIII. CONCLUSÃO

Ao longo dos anos foi possível a observação e a integração mediante a grandes revoluções na indústria, a necessidade de melhorias em suas culturas e segmentos, trouxe consigo invenções que conseguiram supri-las com propriedade, deixando sua marca na história. Estamos diante de uma nova exigência, a transformação digital para entrarmos no conceito da quarta revolução industrial, o que não se caracteriza apenas na utilização de robôs. A indústria 4.0 vai muito além da utilização da robótica, e muitas pessoas possuem uma concepção errônea em relação a isso. Elas acreditam que pelo fato da empresa possuir robôs como recursos em seu ambiente industrial, à torna uma empresa aplicada ao conceito. Porém, a robótica é um dos recursos que à habilitam. A Indústria 4.0 é basicamente a união de várias tecnologias que conseguem comunicar-se entre si, no que se presume “fábricas inteligentes”, proporcionando para a indústria, importantes benefícios como a redução de manutenção de equipamentos, customização de produtos, aumento na produtividade, ganhos em qualidade, sustentabilidade, redução de custos, entre outros. As empresas que conseguem realizar esse feito, tornam-se referência no atual mercado, garantem sua sobrevivência e crescimento de seu nível de competitividade. E este processo de transformação já se tornou simplificado para as empresas, estudos realizados como na ACATECH, auxiliam nesse processo migratório, avaliando o nível de maturidade da empresa, permitindo uma análise da situação atual e de qual rumo deve tomar para se integrar nesse novo conceito tecnológico. Existem também avaliações online de maturidade na internet, como a que foi desenvolvida pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) que segue esse mesmo modelo. O fato é que essa revolução já uma realidade a ser adota, as indústrias que querem alcançar o sucesso e sobreviver nessa nova realidade do mercado, deve o quanto antes se adequar a essas tecnologias se não quiser perder espaço para seus concorrentes na corrida para o sucesso.

## IX. REFERÊNCIAS

[1] Deloitte Touche Tohmatsu Limited Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential

- technologies, 2014. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>. Acesso em: 20 de abril de 2019.
- [2] R. Davies, Industry 4.0: Digitalisation for productivity and growth, 2015. Acesso em: 20 de abril de 2019.
- [3] R. Lemos, Indústria 4.0? A nova revolução, 2018. Acesso em: 11 de abril de 2019.
- [4] B. Gomes, Panorama da Inovação: Indústria 4.0, 2016. Acesso em: 11 de abril de 2019.
- [5] J. Bezerra, Segunda Revolução Industrial, 2018. Acesso em: 23 de março de 2019.
- [6] D. Silva, Indústria 4.0 com foco nos sistemas Cyber Físicos, 2018. Acesso em: 12 de abril de 2019.
- [7] K. Schwab, The Fourth Industrial Revolution, 2016. Acesso em: 20 de abril de 2019.
- [8] G. Junior, P. Saltorato, Impactos da Indústria 4.0 na Organização do Trabalho: Uma revisão sistemática da literatura, 2017. Acesso em: 20 de abril de 2019.
- [9] Boston Consulting Group, Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries, 2015. Acesso em: 20 de abril de 2019.
- [10] B. Santos et al, Internet das Coisas: da Teoria à Prática, 2016. Acesso em: 22 de abril de 2019.
- [11] M. Steda, Tecnologias da Informação e Território: Políticas para o setor de software no Brasil, 2015. Acesso em: 28 de abril de 2019.
- [12] P. Santos, Revista Elevador Brasil – Edição 151, p. 76, 2018. Acesso em: 22 de abril de 2019.
- [13] D. Silva, Bid data analytics: Domine o conceito e aumente a eficiência da sua indústria, 2017. Disponível em: <https://www.logiquesistemas.com.br/blog/big-data-analytics>. Acesso em: 22 de abril de 2019.
- [14] T. Koike, O Big Data na Indústria 4.0: Qual sua importância? 2018. Disponível em: <https://www.pollux.com.br/blog/big-data-na-industria-4-0-qual-sua-importancia>. Acesso em: 22 de abril de 2019.
- [15] G. Schuh; et. al, Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the Digital Transformation of Companies (ACATECH STUDY), 2017. Acesso em: 22 de abril de 2019.
- [16] P. Mishra, What is CNC Machine – Main Parts, Working, Block Diagram, 2017. Acesso em: 5 de maio de 2019.
- [17] P. Carli, M. Delamaro, Implantação da Manufatura Digital numa empresa: Identificandos os fatores críticos de sucesso, 2007. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007\\_TR570438\\_9\\_950.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR570438_9_950.pdf). Acesso em: 05 de maio de 2019.
- [18] J. Teles, Indústria 4.0 – Tudo que você precisa saber sobre a Quarta Revolução Industrial, 2017. Disponível em: <https://engeteles.com.br/industria-4-0/>. Acesso em: 07 de maio de 2019.
- [19] Estadão Conteúdo, Para garantir competitividade, empresas no Brasil se adaptam à indústria 4.0, 2018. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/economia/nova-economia/para-garantir-competitividade-empresas-no-brasil-se-adaptam-a-industria-4-0-1fdb7cnqjak4gh98hofy8k6ut/>. Acesso em: 08 de maio de 2019.
- [20] Redação FISPAL Tecnologia, Automação é fundamental para a Indústria 4.0, 2017. Disponível em: <https://digital.fispaltecnologia.com.br/automacao-industria-4-0/>. Acesso em: 11 de maio de 2019.
- [21] G. Felix, A Indústria 4.0: O que você precisa saber para garantir seu emprego!, 2018. Disponível em: <http://www.excelenciaoperacional.blog.br/2018/08/24/a-industria-4-0-o-que-voce-precisa-saber-para-garantir-seu-emprego/>. Acesso em: 12 de maio de 2019.
- [22] W. Santana, Pilares da Indústria 4.0 – Sistemas de integração horizontal e vertical, 2018. Disponível em: <https://rvsis.com.br/index.php/news/78-pilares-4-d-9>. Acesso em: 12 de maio de 2019.

## CEP APPLICATION IN AN ENERGY MANAGEMENT EQUIPMENT MAINTENANCE INDUSTRY REMOTELY

Claudionor Monteiro Ramos<sup>1</sup>, Danyanne da Silva Corrêa<sup>2</sup>,  
Eliana da Conceição Rodrigues Veras<sup>3</sup>, Simone Silva de Arruda Souza<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Eléctrico, alumno del Curso de Maestría en Ingeniería de Procesos de la UFPA.

<sup>2</sup>Administradora, Especialista en Auditoría Contable, Fiscal y Tributaria alumna del Máster en Ingeniería de Procesos de la UFPA.

<sup>3</sup>Administradora, Especialista en Metodología de la Enseñanza Superior, Maestría en Gestión y Auditoría Ambiental, alumna del Máster en Ingeniería de Procesos de la UFPA.

<sup>4</sup>Administradora, Especialista en Gestión de Personas, alumna del Curso de Maestría en Ingeniería de Procesos de la UFPA.

Email: [claudionor.ramos@hotmail.com](mailto:claudionor.ramos@hotmail.com), [danyanne.correa@gmail.com](mailto:danyanne.correa@gmail.com), [elianaveras8@gmail.com](mailto:elianaveras8@gmail.com)  
[simonearrudacoach@gmail.com](mailto:simonearrudacoach@gmail.com)

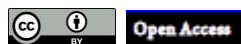
Received: April 29<sup>th</sup>, 2019

Accepted: May 27<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

The research is applied to the Statistical Control of Process-SPC in a micro-enterprise that performs maintenance services on remote energy management equipment, installed in the Industrial Pole of Manaus-PIM. There was an increase in the return of the equipment sent within the maintenance period, where adjustments of improvements were necessary. The goal will be to apply control charts Control P and NP and Pareto chart. Based on the data graphs, the control chart P was applied because it was necessary to analyze the defective items. In the evaluation of the capacity of the process, the letter NP was used, because it was aimed to know the number of defective items. The causes of nonconformities found in the process were solved as they were identified, in a way that met the needs of the client and the objectives of the company. The quality adjustments with the implantation of the CEP in the company, make that the products today are meeting the specifications.

**Keywords:** SPC; Conformity; Control.

### APLICACIÓN DEL CEP EN UNA INDUSTRIA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE GESTIÓN DE ENERGÍA DE FORMA REMOTA

#### RESUMEN

La investigación se destina a la aplicación del Control Estadístico del Proceso-CEP en una microempresa que realiza servicios de mantenimiento en equipos de gestión de energía de forma remota, instalada en el Polo Industrial de Manaus-PIM. Se observó un aumento en el retorno de los equipos enviados dentro del plazo de la manutención, donde fueron necesarias adecuaciones de mejoras. El objetivo será aplicar las cartas de control Control P y NP y gráfico de Pareto. Basándose en los gráficos de datos, se aplicó la carta de control P, pues fueron necesarios analizar los ítems con defectos. En la evaluación de la capacidad del proceso, se utilizó la carta NP, pues se objetivó conocer el número de ítems defectuosos. Las causas de no conformidades encontradas en el proceso, fueron solucionadas a medida que fueron identificadas, de cierta forma se atendieron las necesidades del cliente y los objetivos de la empresa. Los ajustes de calidad con la implantación del CEP en la empresa, hacen que los productos hoy estén atendiendo a las especificaciones.

**Palavras chave:** Palabras clave: CEP; cumplimiento; Control.

## I. INTRODUCCIÓN

Las empresas de prestación de servicios vienen buscando aumentar la calidad de sus procesos en los últimos años, ya que es un factor determinante en su éxito o fracaso. Es de notar que garantizar una buena calidad en el servicio no es una tarea fácil, pues la mayoría de las veces, aun ejecutando acciones en sus procesos internos, no se tiene la garantía de que esto reflejará en la satisfacción del cliente. No hay garantía de que los servicios siempre se presten en el mismo nivel planificado. Los servicios sufren muchas influencias que afectan al estándar de calidad: las personas, la cultura de la empresa en relación a los clientes y el trato de los empleados, el liderazgo practicado por cada gestor de la línea de frente y los diversos perfiles de clientes con sus opiniones y necesidades diferente.

Los métodos estadísticos se pueden utilizar en las distintas fases del proceso del servicio para minimizar y mantener bajo control la calidad de los servicios.

El Control Estadístico del Proceso (CEP) es una colección de herramientas, que auxiliando en la disminución de la variabilidad del proceso, permiten el alcance de un proceso estable cuya capacidad puede ser mejorada.

En el artículo se presenta la aplicación del CEP, en la empresa "X", que posee 13 tiendas de mantenimiento de equipos de empresas instaladas en el Polo Industrial de Manaus - PIM. En el caso de que se produzca un cambio en el rendimiento de los equipos dentro del plazo de garantía de mantenimiento, se requiere una adecuación para el servicio al cliente.

A partir de la aplicación del CEP, se detectaron las fallas y sus causas, proporcionándonos informaciones que ayudaron en la toma de decisión.

El objetivo del artículo es presentar el resultado del estudio de caso sobre la aplicación del CEP en la microempresa X, utilizando las cartas de control desarrolladas a partir de la necesidad del estudio de datos del proceso resultante del mantenimiento, donde no había controles.

La aplicación del CEP en microempresas es algo desafiante en la realización de la investigación, que puede ser referencia en el futuro. Se eligieron muestras N de un universo X, es decir, 200 muestras cada 2000 equipos entregados. Se utilizaron cartas de control tipo P y NP, Diagrama de flujo y Gráfico de Pareto para el análisis de los problemas.

Se espera de esta manera ser un referencial para implantación del CEP en industrias afines desta maneira ser um referencial para implantação do CEP em indústrias afins.

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El Control Estadístico del Proceso contiene algunos pasos para la organización y control del proceso, que según [1], los pasos para la ejecución del CEP, que son: la recolección y el trazado de los datos; las pruebas de control; la investigación de las causas atribuibles; la aplicación de mejoras; y la eliminación de los datos influenciados por causas atribuibles. Todas las empresas pueden aplicarlo en sus procesos de forma que el CEP puede sí mejorar el proceso dentro de su especificidad.

El CEP ha sido utilizado en muchas industrias como forma de aplicación para controlar sus procesos y mejorar sus actividades, con los resultados las decisiones de mejora se vuelven más precisas, según [2], los principales objetivos del CEP son una identificación de la variabilidad anormal causada por causas con el objetivo de: 1. hacer el proceso estable; 2. minimizar la variabilidad del proceso y 3. mejorar el rendimiento del proceso. El CEP no debe ser aplicado solamente, pero se debe haber una continuidad

de ese control, para no ser necesario realizar implementaciones después de resultados sin control, o por dejar de aplicarlos, tornarse rutinario para siempre haber prevención de los posibles problemas.

El levantamiento de los datos nos llevó a determinar que los gráficos serían por números de defectos y definir el número de muestras recolectadas. Según [3] En el caso de servicios, los datos importantes son los números de reclamaciones o devoluciones, por unidad de servicio. Donde se optó por la Carta P y la Carta NP.

Para que pudiéramos atender las especificaciones del cliente, se estableció un parámetro, o más precisamente la tolerancia de un límite superior e inferior. Para [4] Las tolerancias establecen los límites superiores e inferiores de especificación, y se definen en el departamento de proyecto oa través de los requisitos de los clientes.

Cuando los productos no se ajustan a las especificaciones, para su mejor visualización se deben aplicar gráficos que indican sus errores donde pueden ser definidos los límites para tomas de decisiones, según [5] o gráficos de control se utilizan para supervisar el rendimiento de un proceso de medición. Estos gráficos determinan estadísticamente una banda denominada límites de control, que está limitada por una línea superior (límite superior de control-LSC) y una línea inferior (límite inferior de control-LIC), además de una línea central (límite central LC).

La carta P se utiliza para demostrar productos o servicios como defectuosos o no defectuosos a través de gráficos donde se define el límite inferior y el superior de donde se aplicarán las correcciones para análisis, y de acuerdo con [6], los métodos estadísticos utilizados en ambas fases fueron las cartas de control por la media. Las convenciones utilizadas en la carta de control se describen como LIC y LSC, límites inferior y superior de control.

Para desarrollar planificaciones que maximicen la calidad y minimicen los problemas se debe aplicar un análisis de calidad para implementar proyectos de mejoras, para [7]:

"Al menos cinco razones para el uso de los gráficos de control, tales como: para mejorar la productividad; para la prevención de defectos; para impedir ajustes innecesarios en el proceso, ya que distingue entre el ruido aleatorio y la variación anormal; para proporcionar información para que el operador haga un diagnóstico sobre el proceso, pudiendo conducir la implantación de un cambio que mejore el desempeño del proceso; y proporcionar información sobre la capacidad del proceso, pues trae informaciones sobre el valor de importantes parámetros del proceso y su estabilidad a lo largo del tiempo.

En el análisis de los procesos y aplicación de las mejoras, los gráficos indican en la línea media los que no están fuera del control, pero no impide que éstos puedan ser monitoreados para su disminución, con [8] podemos afirmar que: Los gráficos de control auxilian la producción determinando si un proceso es estable o si existen causas especiales en la variación del proceso.

Los gráficos se dividen en Controles y Tributos, que permiten con el análisis de sus resultados la reducción de problemas, pues se aplican tomas de decisiones para resolución de defectos, y según Días [9], Gráficos de: El control se divide en dos categorías: Gráficos de Control para variables, aquel cuyo valor es determinado a través de algún tipo de medición y Gráficos de Control para atributos, determinado a través de una clasificación o conteo.

Al ser implantado el control podrá mantenerse un patrón controlado a fin de prevenir defectos, disminuir o estabilizarlos, aunque existen variabilidades que pueden ser muy grandes o estar fuera del estándar, afirma [10], que la implantación del CEP hará que el proceso permanezca estable y reducirá la variabilidad y de

cierta forma en cualquier proceso por más cauteloso que sea variabilidad siempre existirá.

### III. METODOLOGÍA

Al principio se elaboró el diagrama de flujo en el proceso, a fin de evaluar posibles fallas y que podrían resolverse antes de la aplicación de las cartas de control. De las 2000 unidades entregadas, 200 muestras fueron retiradas aleatoriamente para el proceso de evaluación, teniendo en cuenta que el cliente considera sólo el 10% del cuantitativo aceptable, dentro de un período de 100 semanas, dentro del período de garantía.

La Tabla 1 muestra la información cuantitativa de la participación en la reparación por tienda durante las 100 semanas. Se nota que las tiendas 1, 3, 5, 7, 8, 9, 10 y 13 tienen mayor cantidad de equipos por semana.

Tabla 1 - Levantamiento cuantitativo de unidad reparada semanal por tienda.

| 100 Semanas - Datos recopilados |             |             |            |             |
|---------------------------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| Tiendas                         | S1          | S2          | ..         | S100        |
| 1                               | 151         | 165         | ..         | 142         |
| 2                               | 39          | 34          | ..         | 46          |
| 3                               | 246         | 210         | ...        | 227         |
| 4                               | 53          | 60          | ...        | 68          |
| 5                               | 234         | 272         | ...        | 214         |
| 6                               | 96          | 91          | ...        | 105         |
| 7                               | 308         | 323         | ...        | 317         |
| 8                               | 179         | 162         | ...        | 181         |
| 9                               | 247         | 227         | ...        | 220         |
| 10                              | 183         | 175         | ...        | 191         |
| 11                              | 76          | 56          | ...        | 45          |
| 12                              | 65          | 69          | ...        | 75          |
| 13                              | 176         | 141         | ...        | 168         |
| <b>Total</b>                    | <b>2053</b> | <b>1985</b> | <b>...</b> | <b>1999</b> |

Fuente: Los Autores, (2019).

De los equipos elegidos para análisis, se verificó el cuantitativo de retornos con no conformidades, devueltos a la empresa dentro del plazo de garantía, más precisamente 1 año.

Tabla 2 - Cuantitativo de defectos de los equipos en plazo de garantía

| Semana | Defectos | Grupo de Muestras | Semana | Defectos | Grupo de Muestras |
|--------|----------|-------------------|--------|----------|-------------------|
| 1      | 6        | 200               | 51     | 2        | 200               |
| 2      | 11       | 200               | 52     | 5        | 200               |
| 3      | 3        | 200               | 53     | 3        | 200               |
| 4      | 12       | 200               | 54     | 16       | 200               |
| 5      | 6        | 200               | 55     | 8        | 200               |
| 6      | 5        | 200               | 56     | 6        | 200               |
| 7      | 1        | 200               | 57     | 1        | 200               |
| 8      | 4        | 200               | 58     | 10       | 200               |
| 9      | 4        | 200               | 59     | 2        | 200               |
| 10     | 7        | 200               | 60     | 7        | 200               |
| 11     | 15       | 200               | 61     | 6        | 200               |
| 12     | 8        | 200               | 62     | 7        | 200               |
| 13     | 6        | 200               | 63     | 1        | 200               |
| 14     | 3        | 200               | 64     | 3        | 200               |
| 15     | 5        | 200               | 65     | 9        | 200               |
| 16     | 8        | 200               | 66     | 6        | 200               |
| 17     | 9        | 200               | 67     | 4        | 200               |
| 18     | 2        | 200               | 68     | 1        | 200               |
| 19     | 4        | 200               | 69     | 3        | 200               |
| 20     | 11       | 200               | 70     | 6        | 200               |
| 21     | 4        | 200               | 71     | 3        | 200               |
| 22     | 3        | 200               | 72     | 6        | 200               |
| 23     | 3        | 200               | 73     | 10       | 200               |
| 24     | 7        | 200               | 74     | 2        | 200               |
| 25     | 1        | 200               | 75     | 6        | 200               |
| 26     | 9        | 200               | 76     | 4        | 200               |
| 27     | 6        | 200               | 77     | 9        | 200               |
| 28     | 6        | 200               | 78     | 2        | 200               |
| 29     | 6        | 200               | 79     | 1        | 200               |
| 30     | 1        | 200               | 80     | 11       | 200               |
| 31     | 11       | 200               | 81     | 1        | 200               |
| 32     | 18       | 200               | 82     | 10       | 200               |
| 33     | 5        | 200               | 83     | 2        | 200               |
| 34     | 8        | 200               | 84     | 6        | 200               |
| 35     | 7        | 200               | 85     | 9        | 200               |
| 36     | 5        | 200               | 86     | 8        | 200               |
| 37     | 8        | 200               | 87     | 1        | 200               |
| 38     | 7        | 200               | 88     | 10       | 200               |
| 39     | 1        | 200               | 89     | 4        | 200               |
| 40     | 6        | 200               | 90     | 2        | 200               |
| 41     | 12       | 200               | 91     | 2        | 200               |
| 42     | 3        | 200               | 92     | 2        | 200               |
| 43     | 9        | 200               | 93     | 4        | 200               |
| 44     | 4        | 200               | 94     | 12       | 200               |
| 45     | 4        | 200               | 95     | 2        | 200               |
| 46     | 1        | 200               | 96     | 11       | 200               |
| 47     | 2        | 200               | 97     | 4        | 200               |
| 48     | 6        | 200               | 98     | 9        | 200               |
| 49     | 8        | 200               | 99     | 11       | 200               |
| 50     | 7        | 200               | 100    | 4        | 200               |

Fuente: Los Autores, (2019).

Después del levantamiento de los datos, la identificación de la necesidad de evaluar el proceso y la utilización de las cartas de control, se verificó si el mismo atendía las especificaciones del cliente.

IV. RESULTADOS

Con base en las tablas de datos, se aplicó la carta de control P, teniendo en vista que había la necesidad de evaluar la proporción de ítems defectuosos. Se utilizó la de atributos y no variables. La Figura 1 ilustra los resultados.

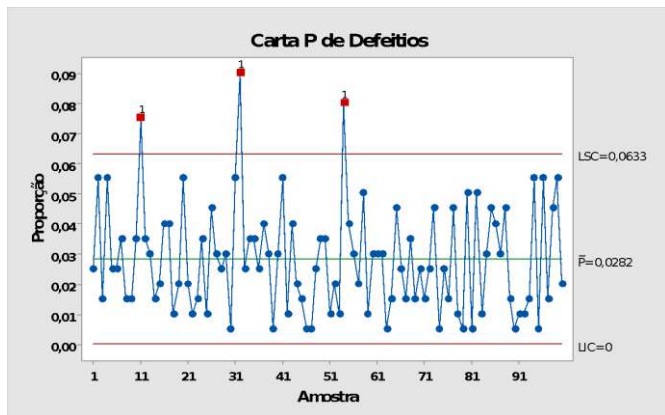


Figura 1 - Gráfico elaborado por los autores de la carta de control P aplicado a los defectos por grupos de muestras recolectadas. Fuente: Los Autores, (2019).

En la figura 2 se muestran las muestras que quedaron fuera del rango de control, y que se eliminará: 11, 32 y 54

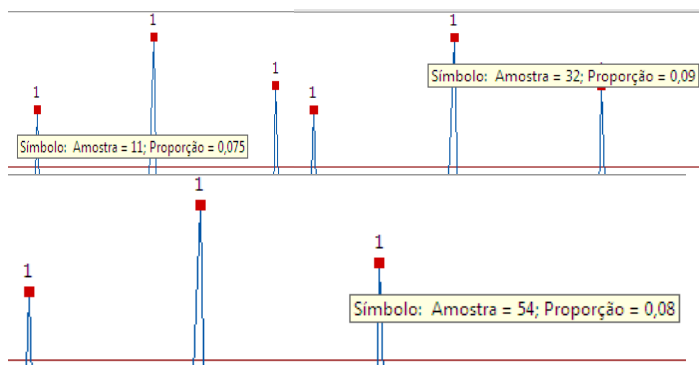


Figura 2 - Elaborado por los autores. Muestras eliminadas - 11, 32 y 54. Fonte: Los Autores, (2019).

El gráfico de la carta de control con los datos restantes se muestra en la Figura 3. Se verifica en este caso que a partir de ahí el proceso queda bajo control estadístico.

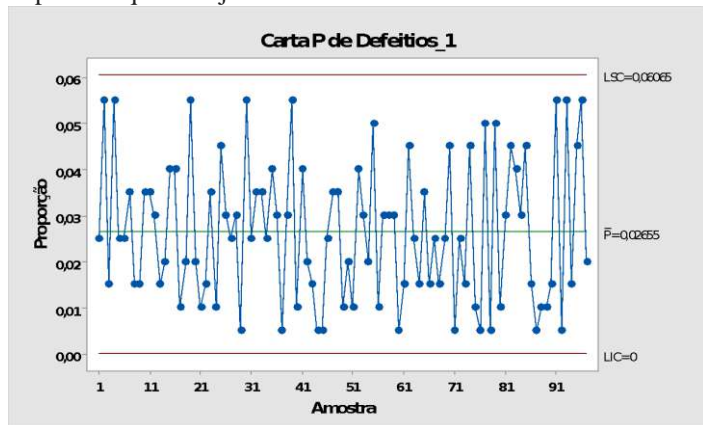


Figura 3 - Gráfico elaborado por los autores de la carta P aplicado a los datos restantes.

Fuente: Los Autores, (2019).

Para evaluar la capacidad del proceso, se debe satisfacer la especificación establecida por el cliente, que en este caso fue de hasta 10% de defectos para muestras de 200 recolectadas. El ideal en este caso es la utilización de la carta NP, pues se desea saber el número de ítems no conformes en lugar de la proporción de ítems defectuosos.

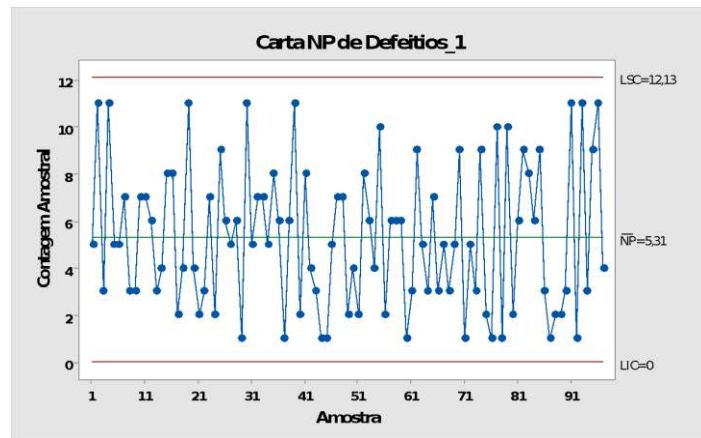


Figura 4 - Gráfico elaborado por los autores NP aplicado a los datos restantes. Fuente: Los Autores, (2019).

Después de la retirada de los elementos defectuosos, se tiene el gráfico de la figura 4.

Si se establece el límite superior según la especificación, se obtiene el gráfico como se muestra en la Figura 5.

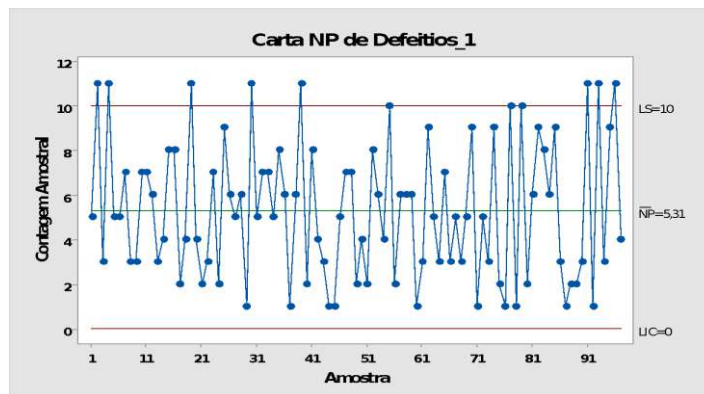


Figura 5 - Gráfico elaborado por los autores de la carta PN con límite superior igual a la especificación. Fuente: Los Autores, (2019).

Por la carta de control, verificamos que el sistema está bajo control estadístico, pero no es capaz, ya que las muestras 2, 4, 19, 30, 39, 91, 93 y 96 están fuera del límite establecido. En este caso, evaluados los posibles problemas, hizo observaciones de cambios en el proceso de mantenimiento para que atendieran las especificaciones del cliente.

En base a las muestras de defectos recogidos, se realizó la siguiente clasificación de defectos de los equipos.

- Tipo 1 - SIMCARD (chip) no habilitado por el operador
- Tipo 2 - SIMCARD (chip) defectuoso
- Tipo 3 - Módulo de comunicación defectuoso
- Tipo 4 - Instalación realizada de forma incorrecta
- Tipo 5 - Antena desconectada



Tabla 3 - Levantamiento cuantitativo de defecto por semana analizada.

| Tipo de defectos encontrados |          |        |        |        |        |        |        |
|------------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Semana                       | Defeitos | Tipo 1 | Tipo 2 | Tipo 3 | Tipo 4 | Tipo 5 | Outros |
| 1                            | 5        | 2      | 1      | 1      | 0      | 1      | 0      |
| 2                            | 11       | 2      | 4      | 1      | 1      | 2      | 1      |
| 3                            | 3        | 0      | 1      | 0      | 1      | 1      | 0      |
| 4                            | 11       | 1      | 3      | 1      | 2      | 3      | 1      |
| 5                            | 5        | 0      | 2      | 1      | 1      | 1      | 0      |
| 6                            | 5        | 1      | 2      | 0      | 1      | 1      | 0      |
| 7                            | 7        | 1      | 3      | 2      | 0      | 1      | 0      |
| 8                            | 3        | 0      | 1      | 0      | 1      | 1      | 0      |
| 9                            | 3        | 0      | 1      | 0      | 1      | 1      | 0      |
| 10                           | 7        | 1      | 3      | 2      | 0      | 1      | 0      |
| 11                           | 15       | 3      | 5      | 3      | 1      | 2      | 1      |
| 12                           | 7        | 1      | 3      | 2      | 0      | 1      | 0      |
| 13                           | 6        | 1      | 2      | 1      | 1      | 1      | 0      |
| 14                           | 3        | 0      | 1      | 0      | 1      | 1      | 0      |
| 15                           | 4        | 1      | 1      | 1      | 0      | 1      | 0      |
| 16                           | 8        | 2      | 3      | 1      | 0      | 2      | 0      |
| 17                           | 8        | 2      | 3      | 1      | 0      | 2      | 0      |
| 18                           | 2        | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 19                           | 4        | 1      | 1      | 1      | 0      | 1      | 0      |
| 20                           | 11       | 2      | 4      | 1      | 1      | 2      | 1      |
| 21                           | 4        | 1      | 1      | 1      | 0      | 1      | 0      |
| 22                           | 2        | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 23                           | 3        | 0      | 1      | 0      | 1      | 1      | 0      |
| 24                           | 7        | 1      | 3      | 2      | 0      | 1      | 0      |
| 25                           | 2        | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 26                           | 9        | 2      | 3      | 1      | 1      | 2      | 0      |
| 27                           | 6        | 1      | 2      | 1      | 1      | 1      | 0      |
| 28                           | 5        | 2      | 1      | 1      | 0      | 1      | 0      |
| 29                           | 6        | 1      | 2      | 1      | 1      | 1      | 0      |
| 30                           | 1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      |
| 31                           | 11       | 2      | 4      | 1      | 1      | 2      | 1      |
| 32                           | 18       | 2      | 6      | 2      | 3      | 4      | 1      |
| 33                           | 5        | 2      | 1      | 1      | 0      | 1      | 0      |
| 34                           | 7        | 1      | 3      | 2      | 0      | 1      | 0      |
| 35                           | 7        | 1      | 3      | 2      | 0      | 1      | 0      |
| 36                           | 5        | 2      | 1      | 1      | 0      | 1      | 0      |
| 37                           | 8        | 2      | 3      | 1      | 0      | 2      | 0      |
| 38                           | 6        | 1      | 2      | 1      | 1      | 1      | 0      |
| 39                           | 1        | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 40                           | 6        | 1      | 2      | 1      | 1      | 1      | 0      |
| 41                           | 11       | 2      | 4      | 1      | 1      | 2      | 1      |
| 42                           | 2        | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 43                           | 8        | 2      | 3      | 1      | 0      | 2      | 0      |
| 44                           | 4        | 1      | 1      | 1      | 0      | 1      | 0      |
| 45                           | 3        | 0      | 1      | 0      | 1      | 1      | 0      |
| 46                           | 1        | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      |
| 47                           | 1        | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 48                           | 5        | 2      | 1      | 1      | 0      | 1      | 0      |
| 49                           | 7        | 1      | 3      | 2      | 0      | 1      | 0      |
| 50                           | 7        | 1      | 3      | 2      | 0      | 1      | 0      |
| 51                           | 2        | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 52                           | 4        | 1      | 1      | 1      | 0      | 1      | 0      |
| 53                           | 2        | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 54                           | 16       | 3      | 4      | 2      | 2      | 4      | 1      |
| 55                           | 8        | 2      | 3      | 1      | 0      | 2      | 0      |
| 56                           | 6        | 1      | 2      | 1      | 1      | 1      | 0      |
| 57                           | 4        | 1      | 1      | 1      | 0      | 1      | 0      |
| 58                           | 10       | 2      | 3      | 2      | 2      | 1      | 0      |
| 59                           | 2        | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 60                           | 6        | 1      | 2      | 1      | 1      | 1      | 0      |
| 61                           | 6        | 1      | 2      | 1      | 1      | 1      | 0      |
| 62                           | 6        | 1      | 2      | 1      | 1      | 1      | 0      |

|     |    |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|---|---|---|---|---|---|
| 63  | 1  | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 64  | 3  | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 65  | 9  | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0 |
| 66  | 5  | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 67  | 3  | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 68  | 7  | 1 | 3 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| 69  | 3  | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 70  | 5  | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 71  | 3  | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 72  | 5  | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 73  | 9  | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0 |
| 74  | 1  | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 75  | 5  | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 76  | 3  | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 77  | 9  | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0 |
| 78  | 2  | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 79  | 1  | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 80  | 10 | 3 | 3 | 1 | 2 | 1 | 0 |
| 81  | 1  | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 82  | 10 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 0 |
| 83  | 2  | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 84  | 6  | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 85  | 9  | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0 |
| 86  | 8  | 2 | 3 | 1 | 0 | 2 | 0 |
| 87  | 6  | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 88  | 9  | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0 |
| 89  | 3  | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 90  | 1  | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 91  | 2  | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 92  | 2  | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 93  | 3  | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 94  | 11 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 95  | 1  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 96  | 11 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 97  | 3  | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 98  | 9  | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0 |
| 99  | 11 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 100 | 4  | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |

Fuente: Los Autores, (2019).

Tabla 4 - Cuantitativo total de defectos conforme clasificación.

| Defeitos | N.o defeitos | %Individual | %Acumulada |
|----------|--------------|-------------|------------|
| Tipo 2   | 191          | 34%         | 34%        |
| Tipo 5   | 110          | 20%         | 53%        |
| Tipo 1   | 103          | 18%         | 72%        |
| Tipo 3   | 90           | 16%         | 88%        |
| Tipo 4   | 59           | 10%         | 98%        |
| Outros   | 11           | 2%          | 100%       |
| Total    | 564          |             |            |

Fuente: Los Autores, (2019).

A partir de las informaciones, se puede trazar el gráfico de Pareto, que nos proporciona una mejor visualización de los 3 principales problemas. El gráfico se muestra en la Figura 6

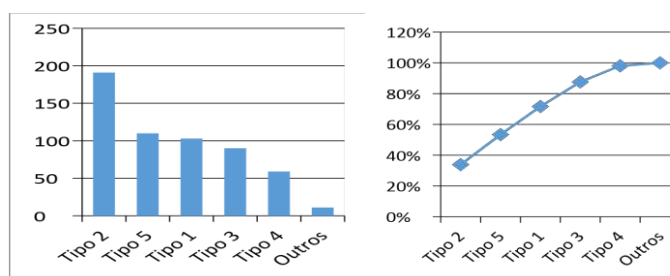


Figura 6 - Gráfico de Pareto.  
Fuente: Los Autores, (2019).

Observando el gráfico, verificando que los defectos Tipo 2, 5 y 1 son los que más contribuyen a que las muestras queden fuera de la especificación. Para actuar en el proceso, fue necesario el levantamiento del diagrama de flujo, para identificar las actividades relacionadas con los principales defectos presentados.

Los problemas Tipo 1 y 2 estaban relacionados con el operador de celular, el cual fue resuelto sustituyendo por otro operador con mayor calidad en el servicio. En el caso del defecto tipo 5, que es antena desconectada, se ha reforzado la conexión con un tipo de adhesivo durante el período de Life Test.

Para verificar si la solución fue eficiente, se recolectar nuevas muestras, de sólo 10 semanas, cuyos resultados están de acuerdo con lo presentado en la Tabla 5.

Tabla 5 - Levantamiento de defectos después de aplicada la acción de mejora.

| Semana | Defectos | Grupo de Muestras |
|--------|----------|-------------------|
| 1      | 5        | 200               |
| 2      | 11       | 200               |
| 3      | 3        | 200               |
| 4      | 11       | 200               |
| 5      | 5        | 200               |
| 6      | 5        | 200               |
| 7      | 7        | 200               |
| 8      | 3        | 200               |
| 9      | 3        | 200               |
| 10     | 7        | 200               |

Fuente: Los Autores, (2019).

Aplicando nuevamente la carta P y PN, se verifica que el proceso está bajo control estadístico, como se muestra en el gráfico de la Figura 8.

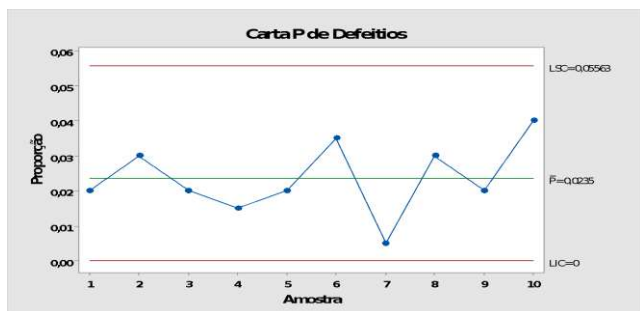


Figura 7 - Gráfico de control P.

Fuente: Los Autores, (2019).

Gráfico de control P en los datos recolectados después de la acción en el proceso.

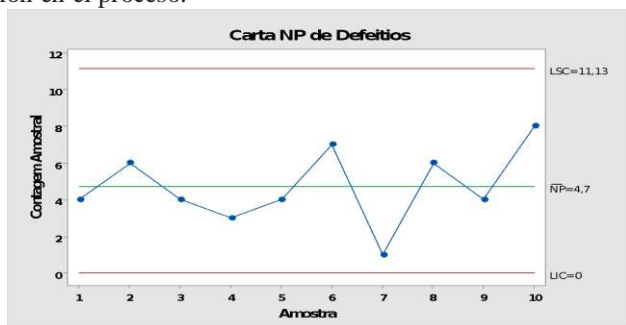


Figura 8 - Gráfico de control PN.

Fuente: Los Autores, (2019).

Gráfico de control PN en los datos recolectados después de la acción en el proceso. Aplicando nuevamente la carta P y PN, verifica-se el proceso es capaz, se utilizó el límite superior en el gráfico de control NP según lo especificado por el cliente.

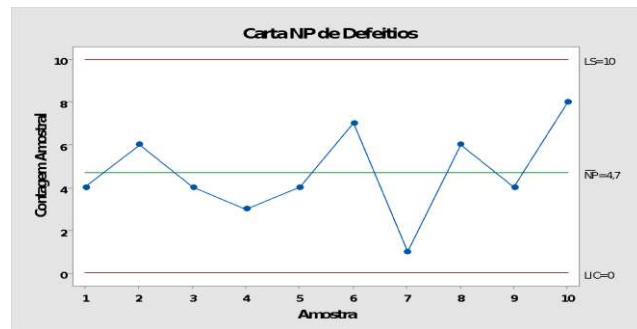


Figura 9 - Gráfico de control NP - Proceso capaz.

Fuente: Los Autores, (2019).

El resultado se muestra en la Figura 9, ilustrando que el proceso es capaz.

### V. CONCLUSIONES

Las causas de no conformidades encontradas en el proceso, fueron solucionadas a medida que fueron identificadas, en cierto modo se atendió a las necesidades del cliente ya los objetivos de la empresa. Los ajustes de calidad con la implantación del CEP en la empresa, hacen que el producto hoy esté atendiendo a las especificaciones. Con las medidas se detectó que ya no hay más grandes números de muestras siendo devueltas y la empresa disminuyó considerablemente las no conformidades. De esta forma, la aplicación del CEP en la empresa es extremadamente importante, y se hace necesario. Habiendo sido adoptado a partir de la investigación en todo el proceso productivo.

### V. REFERENCIAS

[1] Campos, Emerson de Souza; Figueiredo, Luiz; Meneses, Jose; Dantas, Maria José Pereira; CUNHA, Victor Honorato. Controle estatístico de processo em uma indústria de transformadores elétricos: um estudo de caso. XII Congresso Nacional de Excelência em Gestão & III Inovarse-Responsabilidade Social Aplicada. São Paulo, 2016.

[2] Dias, Mallvina; Amorim, Lidiane de Souza; Bueno, Alex Alves; Pereira, Narallyne Kelly de Castro; Alves, Alisson Lucas. Utilização de CEP para análise da prestação de serviços em uma empresa de transporte público. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social: As Contribuições da Engenharia de Produção. Bento Gonçalves, RS, Brasil, 2012.

[3] Fonseca, Patrícia Corrêa. Modelo para controle estatístico de processos de desenvolvimento de software (CEP-S), 2010, p.35. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação), Coordenação Pós-Graduação em Ciência da Computação do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

[4] Goncalves, Patrícia; Maria, Diene; Goncalves, Nayane; Melo, Luciana Vieira de; SOARES, Júlio Cesar Valandro. Aplicação do

Cep na Prestação de Serviços de Internet. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção Fortaleza, CE, Brasil, 2015.

[5] Lopes, Oswaldo. *Tecnologia Mecânica*. Edgard Blucher. SP 1983. 180p.

[6] Morais, Tércius Cassius Melo de; SÁ, Sergio Roque; Fonseca, Márcio Botelho da. Aplicações do controle estatístico de processo para o controle de tensão elétrica em subestações: estudo de caso de uma empresa distribuidora de energia elétrica. XXX encontro nacional de engenharia de produção: Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. Enegep: São Carlos, SP, Brasil, 2010.

[7] Noskievicová, Darja. Effective implementation of SPC. VŠB-TU Ostrava. Czech Republic, 2010.

[8] Oliveira, Camila Cardoso de. Granato, Daniel. Caruso, Miriam Solange Fernandes. Sakuma, Alice Momoyo. Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos em laboratórios de ensaio. 1ª edição São Paulo - SES/SP 2013.

[9] Stamatis D. H. Six Sigma and Beyond: Statistical Process Control, Volume IV. Lucie Press. 2003.

[10] Silva, Rouverson p., Souza, Fábio G., Cortez, Jorge W.; Furlani, Carlos E. A., Vigna Gustavo P. Variabilidade espacial e controle estatístico do processo de perdas na colheita mecanizada do algodoeiro, Pg 5, Eng. Agric., Jaboticabal, v.27, n.3, p.742-752, set./dez.2007.

# TECHNICAL FEASIBILITY STUDY OF THE IMPLANTATION OF A DRAINAGE SYSTEM WITH THE USE OF PERMEABLE ASPHALT, AS AN ALTERNATIVE FOR FLOOD MITIGATION, IN URBAN AREAS OF MANAUS.

Weberter K. Perrone<sup>1</sup>, Willace Lima de Souza<sup>2</sup>

<sup>1 2</sup> Centro Universitário do Norte - Laureate International Universities – UNINORTE, Manaus – Amazonas – Brasil.

Email: [betoperronee@gmail.com](mailto:betoperronee@gmail.com)

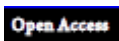
Received: April 29<sup>th</sup>, 2019

Accepted: May 27<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



## ABSTRACT

With the significant expansion of urbanization by man, as well as the growth of impermeable surfaces in cities, large urban centers begin to suffer high flow peaks through surface runoff and, consequently, an increasing frequency of flooding, causing environmental, social and economic damages. In Manaus, it is enough to arrive the period of intense rains, that these problems are evident in several points of the city. In view of this, the need arises to seek solutions for the mitigation of the problem, through the use of alternative recoating materials, such as permeable asphalt. The aim of the study was to carry out a bibliographic survey to identify the technical feasibility of implantation of the permeable asphalt. The method used to carry out this research was the deductive method. The type of research adopted covered three aspects: the objectives were an exploratory research; approach to the problem was qualitative; regarding technical procedures, was bibliographical. After carrying out this study, it is noted that the placement of a layer of geotextile blanket will increase the duration of the asphalt, causing any residue or water that flows in the cracks or holes to reach the geotextile blanket, diverting to the sides of the tracks where they will be drained.

**Keywords:** Asphalt Permeable; Asphalt; Permeability.

## ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE DRENAGEM COM UTILIZAÇÃO DE ASFALTO PERMEÁVEL, COMO ALTERNATIVA DE MITIGAÇÃO DE INUNDAÇÕES, EM ÁREAS URBANAS DE MANAUS.

### RESUMO

Com a expansão significativa da urbanização, por ação do homem, assim como o crescimento das superfícies impermeáveis nas cidades, os grandes centros urbanos começam a sofrer altos picos de vazão, através do escoamento superficial, e conseqüentemente, uma frequência cada vez maior de enchentes, causando prejuízos ambientais, sociais e econômicos. Em Manaus, basta chegar o período de chuvas intensas, que esses problemas se evidenciem em vários pontos da cidade. Diante disso, surge a necessidade de buscar soluções para a mitigação do problema, por meio da utilização de materiais de revestimento alternativos, à exemplo do asfalto permeável. O estudo tem por objetivo realizar um levantamento bibliográfico para identificar a viabilidade técnica de implantação do asfalto permeável. O método adotado para a efetivação desta pesquisa foi o dedutivo. A tipologia da pesquisa adotada abrangeu três aspectos: quanto aos objetivos tratou-se de uma pesquisa exploratória; quanto à abordagem do problema, foi qualitativa; quanto aos procedimentos técnicos, foi bibliográfica. Após realização desse estudo pontua-se que a colocação de uma camada de manta permeável irá ampliar a duração do asfalto, fazendo com que todo resíduo ou água que escoar nas rachaduras ou buracos chegue até a manta permeável, desviando para as laterais das vias onde serão drenados.

**Palavras chave:** Asfalto Permeável; Asfalto; Permeabilidade.

## I. INTRODUÇÃO

A acelerada expansão da urbanização da cidade de Manaus e a consequente impermeabilização dos solos em suas áreas urbanas, associados à falta de planejamento, geraram consequências negativas ao meio ambiente e à sociedade. Dentre as novas proposições pode-se destacar a utilização de materiais alternativos, que contribuem para a redução do escoamento superficial e para o aumento da capacidade de infiltração da superfície.

O processo de urbanização no Brasil, através da ação do homem, vem ocorrendo de forma acelerada e desordenada, degradando significativamente a superfície dos solos, impermeabilizando as áreas urbanas e rurais, e agravando assim os problemas relativos às enchentes dos rios e inundações nas cidades. O uso do solo sem planejamento racional, associado à impermeabilização do solo, têm ampliado o quadro de insustentabilidade, prejudicando a infraestrutura das cidades e colocando em risco a vida de milhões de pessoas, além que tal quadro possui, também, estreita relação com as alterações na qualidade das águas. Os sedimentos e poluentes, que ficam depositados sobre tal superfície, acabam sendo transportadas aos corpos d'água pelas águas da chuva. Além do que, a impermeabilização da superfície em áreas urbanas reduz a infiltração do solo, contribuindo para a não recarga do lençol freático, podendo acarretar problemas sérios de secas em períodos de grandes estiagens, tal qual se verifica nos últimos anos [1]. Outros problemas, como erosão e assoreamento de rios, também podem ser causados, em parte pela impermeabilização das superfícies, que gera escoamento com maior volume do que o escoamento em superfícies naturais [2].

Atualmente em Manaus, vem aumentando os transtornos causados pelas chuvas. Uma das medidas tomadas pelos órgãos competentes para soluções de drenagem urbana são, na maioria das vezes, meios de drenar as águas das precipitações o mais rápido possível para a jusante. As ações antrópicas formadas pelo crescimento acelerado das áreas urbanas impermeáveis (telhados, passeios, ruas, estacionamentos entre outros), resultado do aumento populacional concentrado nos centros das cidades, juntamente com consequente interferência humana no ciclo hidrológico, tem tido como resultado o aumento das enchentes, inundações urbanas e a degradação das águas pluviais, o que obriga os órgãos públicos a tomarem ações que buscam a minimização dos efeitos produzidos pelas chuvas intensas.

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB – realizado no ano de 2008 -, o estado do Amazonas apresenta precariedade em serviços de saneamento. A região Norte apresenta em relação ao instrumento regulador dos serviços de saneamento básico aproximadamente 26,5% para abastecimento de águas, 4,5% para esgotamento sanitário e 14% para manejo de águas pluviais [3]. E tem-se observado um aumento das ocorrências de alagamentos e inundações, devido às coletas de dados realizadas na Defesa Civil do Município de Manaus.

Novas soluções buscam resgatar as condições de pré urbanização utilizando dispositivos que proporcionem o aumento de infiltração das águas pluviais, e o aumento do tempo de retardo de escoamento superficial. Neste caso, um dos dispositivos utilizados para essa finalidade é o asfalto permeável, quem tem a capacidade de reduzir a taxa de escoamento superficial, e reduzir os picos de alagações [4]. Este dispositivo pode absorver inteiramente ou parte do escoamento por meio de uma superfície permeável para dentro de um reservatório de brita de granulometria

uniforme construída sobre o perfil do terreno, podendo este conduzir gradativamente as águas para o sistema de esgoto, ou simplesmente transferi-la para o solo [5].

Entendendo as inundações e enchentes como consequências relacionados à construção de ambientes urbanos caracterizados pela insustentabilidade e forma desordenada, tornou-se necessário ampliar a pesquisa por materiais relacionados à construção de um ambiente capaz de minimizar efeitos negativos decorrentes das inundações.

## II. METODOLOGIA

Este artigo foi formulado através de uma metodologia de revisão bibliográfica, o que permite uma sustentação teórica para discutir o tema escolhido “Estudo de viabilidade técnica da implantação de sistema de drenagem com utilização de pavimento permeável, como alternativa de mitigação de inundações, em áreas urbanas de Manaus” e os problemas que nele se insere, possibilitando criar um quadro teórico e conceitual que dará apoio ao que está sendo apresentado.

Esta pesquisa é classificada como descritiva, exploratória, qualitativa e estudo de caso. Os instrumentos de coleta de dados foram baseados em um levantamento bibliográfico. A pesquisa qualitativa, “possibilita obter informações de maior profundidade e ao mesmo tempo maior amplitude do problema investigado” [5].

Neste trabalho, também fez uso do método descritivo onde destaca-se que, “o raciocínio descritivo tem como características observar, registrar, analisar, descrever e correlacionar fatos ou fenômenos sem manipulá-los, procurando descobrir com precisão a frequência em que um fenômeno ocorre e sua relação com outros fatores” [5].

A coleta de dados possui caráter exploratório, pois vinculam ao tipo de pesquisa em que “busca-se conhecer com maior profundidade o assunto, de modo a torná-lo mais claro ou construir questões importantes para a condução da pesquisa” [5].

## III. REFERÊNCIAL TEÓRICO

As enchentes são fenômenos naturais que ocorrem periodicamente nos cursos d'água devido às chuvas intensas [6]. Apesar de serem naturais, a intervenção humana tende a ser a principal responsável pelas ocorrências registradas nas metrópoles [1]. Destaca-se ainda que, as enchentes são o acréscimo de vazão ou descarga d'água, devido ao escoamento superficial das águas provenientes de precipitações, nos canais fluviais. Em períodos de enchentes, as vazões geradas podem atingir magnitude que supere a capacidade de descarga da calha do curso d'água, resultando no extravasamento para áreas marginais ao leito fluvial menor [3]. Embora de ocorrência sazonal e natural, tais processos são intensificados pela ação antrópica, por meio do crescimento das áreas urbanizadas, que invadem o espaço das planícies de inundação ou de áreas costeiras e avançam em direção às partes mais elevadas do relevo [6].

A incorporação das várzeas dos rios ao sistema viário das cidades, com o consequente processo de retificação de canais fluviais meandantes e obras de canalização, intensificaram a impermeabilização das planícies de inundação, com consequente aceleração dos escoamentos superficiais e aumento dos picos de vazão e de ocorrência de inundações [6].

Apesar dos avanços técnicos, a adoção de novas medidas esbarra em dificuldades financeiras, de fiscalização e comprometimento dos cidadãos. Tais medidas não dispensam a rede de galerias, que deve possuir capacidade de vazão e estar

preparada para atuar independentemente, mesmo que em situações emergenciais, e a incorporação de novas tecnologias no desenvolvimento de materiais de pavimentação [6].

Os problemas de drenagem urbana requerem soluções alternativas estruturais e não estruturais, baseadas em conhecimentos da dinâmica ambiental, climatológica e hidrológica, além de componentes sociais e políticos-institucionais que contemplem planejamento de drenagem, obras de infraestrutura e de planejamento urbano, analisados de forma integrada nos planos diretores de drenagem [3].

A esse respeito, comenta-se ainda que, os pavimentos permeáveis, de concreto ou asfalto, podem ser utilizados em vias de pequeno tráfego, como passeio, estacionamentos, quadras esportivas e ruas de pouco tráfego [4]. O uso destes dispositivos não é indicado em vias de grande tráfego, pois estes pavimentos podem ser deformados ou entupidos, tornando-se impermeáveis [7].

De forma tradicional os pavimentos procuram adquirir o máximo teor de impermeabilidade. Proporcionando assim uma maior proteção ao solo, evitando a umidade a qual diminui a resistência do solo pavimentado. Os solos quando úmidos tende a ficar menos resistente fazendo com que o pavimento possa ceder por este motivo à tendência dos pavimentos é selar a sua superfície para que a água não atinja o solo onde ele está.

O uso de pavimento permeável teve início há mais de 150 anos, embora a sua real aplicação para as mais diversas finalidades somente veio a apresentar grande avanço há pouco mais de 20 anos, principalmente nos EUA. Atualmente as pesquisas sobre asfalto permeável tem se tornado convidativo para o mercado, pois muitas empresas e condomínios preferem o asfalto permeável em seus estacionamentos [8].

Pesquisas têm sido feita em vários países, com o intuito de dominar a técnica do pavimento permeável, de onde seu comportamento, sua eficiência e durabilidade, sendo que no Brasil, esse dispositivo ainda é pouco conhecido e pouco aplicado.

#### IV. ASFALTO PERMEÁVEL

O atual sistema de drenagem vem causando grandes problemas em cidades de grande porte, os pavimentos impermeáveis contribuem para o aumento nos volumes do escoamento e vazões, aumentando consideravelmente a frequência de inundações.

Os principais impactos devidos a urbanização descontrolada no processo hidrológico, são:

- Aumento na carga de poluentes decorrentes da rede pluvial ou do escoamento superficial;
- Redução da umidade do solo, que leva a uma redução do lençol freático;
- Redução do armazenamento potencial, e da capacidade de transporte dos vales dos rios;
- Aumento no volume do escoamento superficial;
- Aumento da frequência das inundações, assim como de sua intensidade.

A utilização da técnica de concreto asfáltico poroso, ou Camada Porosa de Atrito (CPA), é relativamente recente, tendo em vista que a concepção tradicional de pavimentos indicava sua impermeabilização [9]. Destaca-se ainda que, o asfalto permeável consiste de um pavimento de asfalto onde não existem os agregados finos, como areia, sendo composto por agregados com vazios entre 18% a 30%. Os processos de produção do asfalto permeável não apresentam diferenças expressivas em relação ao

concreto betuminoso convencional, à exceção de algumas particularidades [10]. Por fim, salienta-se que, a implantação do asfalto permeável requer uma análise prévia de viabilidade técnica [11], conforme Figura 1.

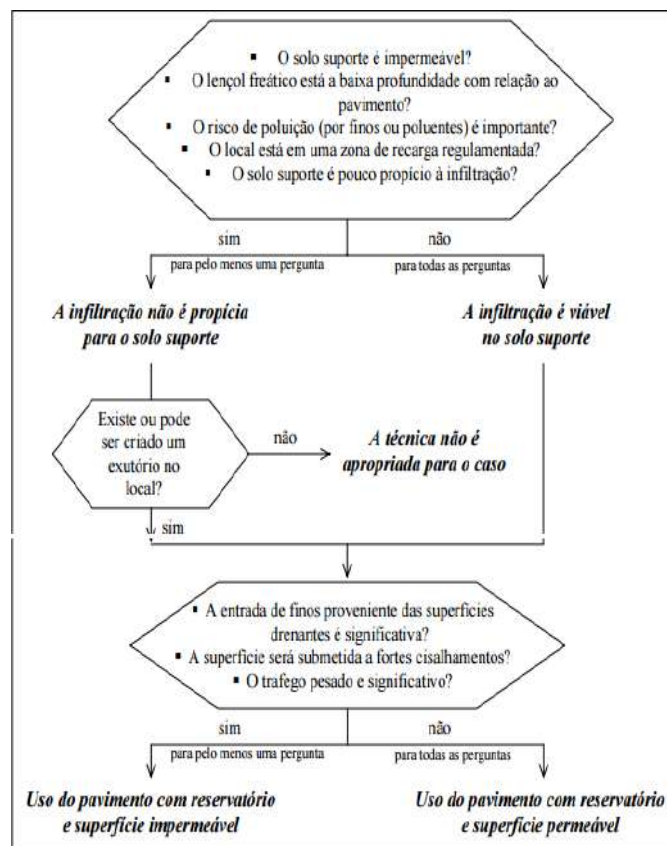


Figura 1. Fluxograma para análise de viabilidade técnica.

Fonte: de Acioli, (2005).

Antes da aplicação do pavimento poroso é necessário observar:

- Características do local de implantação: áreas a serem drenadas, existência de vegetação, topografia, existência de redes de água e esgoto, o tráfego ao qual será submetido, dentre outros.
- Características do solo subjacente: capacidade/comportamento de carga, taxa de infiltração.
- Estudos hidro geológicos: Identificará as características do lençol freático, como flutuações sazonais, cota do lençol, vulnerabilidade e propriedades qualitativas.
- Estudos hidrológicos: vazão máxima permitida, características pluviométricas, áreas de armazenamento d'água, localização do exutório, coeficiente de escoamento [11].

O asfalto permeável tem por característica a elevada porosidade e uma boa drenagem da água, dependendo da sua granulometria. Devida a estas características de deixar a água infiltrar através de suas camadas, tem sido um grande aliado nas vazões de pico que ocorrem durante os meses mais chuvosos nos países que optaram por esta tecnologia [12]. Nos estudos de Acioli, tem-se a divisão da técnica de drenagem, por porosidade, em dois grupos, que seguem dois princípios básicos:

- A infiltração de água no solo, quando possível, para reduzir o escoamento superficial à jusante (dispositivos de infiltração);
- O armazenamento provisório de água pluvial, para reduzir o escoamento superficial, e limitar a poluição a jusante (dispositivos de retenção e detenção) [11].

Ou seja, os benefícios ambientais vão além de abastecer os lençóis freáticos e evitar alagamentos. Esse sistema funciona como um filtro (da mesma forma que a terra durante o processo natural) e retém na superfície as impurezas e substâncias tóxicas presentes na água. Ele também diminui a pressão dos sistemas de esgoto em áreas urbanas onde toda a água e resíduos precisam escoar durante uma chuva forte, além auxilia no controle de inundações e da poluição. Entretanto, os custos, às vezes, são extremamente altos.

## V. ANALISE DE RESULTADOS

### V.I. COMPARAÇÃO DE PERMEABILIDADE ENTRE ASFALTO CONVENCIONAL E ASFALTO PERMEÁVEL

O asfalto permeável, como medida mitigadora no combate a enchentes e inundações, em áreas urbanas, abrange benefícios ao meio ambiente com a recarga de lençol freático, aumento da umidade nas áreas verdes urbanas e melhora da qualidade da água infiltrada, retendo impurezas [1, 13].

A principal diferença entre o asfalto convencional e o asfalto permeável é o elevado índice de vazios do asfalto permeável devido ao aumento de tamanho granulométrico, constituído para drenar de modo eficiente a água superficial [10].

O traço do asfalto varia de acordo com a resistência que se busca, quanto maior a resistência, menor a capacidade de permeabilidade. O asfalto permeável possui índices de vazios na ordem de no máximo 25% enquanto o asfalto convencional possui apenas 4% de vazios [14].

Enquanto o asfalto convencional é utilizado como pavimento para tráfego, o asfalto permeável, para seu maior desempenho possui algumas restrições, como a declividade. “Quanto maior for a declividade da pista de asfalto permeável, menor será a sua taxa de infiltração da água” [15].

### V.II. COMPARAÇÃO DE RESISTÊNCIA ENTRE O ASFALTO PERMEÁVEL E ASFALTO CONVENCIONAL

A vida útil nos pavimentos asfálticos pode reduzir-se por erros na fabricação, execução, sobrecarga, mesmo quando as misturas asfálticas atendem as especificações vigentes, ou por intemperismo [15]. Os principais problemas que apresentam estão relacionados com a resistência, fadiga e acúmulo de deformação na camada superior, sendo que a fadiga é a importante característica para perda de desempenho das camadas asfálticas no Brasil [14].

A resistência do asfalto permeável depende da escolha do material ligante, escolhidos por ensaios realizados com ligantes convencionais e ligantes modificados por polímeros. Os ligantes especiais proporcionam maior resistência à oxidação, e pontos de ligação mais fortes entre as partículas do agregado [15].

### V.III DESVANTAGENS DO ASFALTO PERMEÁVEL

O alto teor de vazios pode provocar o desprendimento de agregado, por ação da água, no caso de má aderência entre o agregado e o ligante. Essa causa pode ser combatida com o aumento da espessura da película de ligante, recobrindo os agregados do asfalto modificado por polímeros [7].

Para obter maior permeabilidade é preciso maior volume de vazios, consequentemente se obterá uma menor resistência. Por isso, há limitações na aplicação do sistema de drenagem com asfalto permeável, sendo mais indicado para locais com menor solicitação de carga, onde a resistência é menos exigida, ou seja, locais que possuam tráfego leve [4].

Além disso, pode ocorrer entupimentos dos vazios provocados por terras adjacentes, óleos ou areia, contudo, é possível minimizar esse problema com a manutenção periódica para o desentupimento dos vazios.

No asfalto permeável, conhecido tecnicamente como CPA – Camada Porosa de Atrito, um dos componentes do pavimento, é a interface entre a superfície e as camadas interiores. É feito por meio de mistura usinada a quente entre agregados, cimento asfáltico, fibras e polímeros. De modo geral, o preço do asfalto permeável é mais caro que o convencional, chegando a uma ordem de 30% [15].

Um dos principais posicionamentos contra o uso do asfalto permeável está na aplicação custosa e retorno financeiro abaixo do esperado. Novas tecnologias tendem a ser mais caras e o asfalto permeável tende a pagar-se com o tempo, sobretudo pela redução de obras de drenagem.

### V.IV VANTAGENS DO ASFALTO PERMEÁVEL

As principais vantagens dos pavimentos permeáveis são: melhoria na segurança e conforto, pois há redução na formação de poças de água e conseqüente melhoria da aderência dos veículos; recarga os aquíferos; melhoria da qualidade das águas por ação de filtração no corpo do pavimento; destacam-se benefícios financeiros, associados à redução das dimensões do sistema de drenagem de jusante; possibilidade de captação e reserva para tratamento e reutilização posterior; diminuição de enxurradas e enchentes; e redução do escoamento superficial das águas pluviais [12].

Em uma última análise pontua-se que que o estudo das patologias e suas respectivas técnicas de reparo são de grande importância para a vida útil do pavimento e, como conseqüência, seu nível de qualidade. Nesse particular, esse estudo pontua que se consegue analisar que após um período o asfalto começa a se deteriorar gerando rachaduras, ondulações e posteriormente buracos. Diante disso consideramos que a colocação de uma camada de manta permeável irá ampliar a duração do asfalto, fazendo com que todo resíduo ou água que escoar nas rachaduras ou buracos chegue até a manta permeável, desviando para as laterais das vias onde serão drenados.

## VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse particular, esse estudo pontua que se consegue analisar que após um período o asfalto começa a se deteriorar gerando rachaduras, ondulações e posteriormente buracos, que diminuiriam a vida útil do solo, trazendo então mais gastos com a manutenção e gerando mais custos.

Assim, sendo a utilização de asfalto permeável como um sistema de drenagem mostrou-se eficiente devia a sua multifuncionalidade, e principalmente, para redução das inundações urbanas. Diante de tais informações, destaca-se a necessidade de futuros estudos mais abrangentes que incluam, na análise de custos, os gastos públicos e privados, diretos e indiretos, relacionados ao problema das enchentes ocasionado pela impermeabilização do solo, devida a utilização do asfalto convencional.

Frente a esse contexto, esse estudo considera que a colocação de uma camada de manta permeável irá ampliar a duração do asfalto, fazendo com que todo resíduo ou água que escoar nas rachaduras ou buracos chegue até a manta permeável, desviando para as laterais das vias onde serão drenados. Isso faz

com que se evitem complicações e aumente a durabilidade da via, diminuindo os custos de manutenções do asfalto.

O fato é que Independentemente da finalidade a que se propõe, a aplicação da manta permeável basicamente deve obedecer sempre aos mesmos critérios no que se refere aos cuidados com elementos pontiagudos no plano de assentamento, à expansão adequada para evitar dobras indesejáveis, à ação de agentes químicos agressivos a sua integridade e aos métodos utilizados nos aterros ou colocação de outros materiais sobre a mesma.

Tendo em vista as limitações em relação à variável resistência, destaca-se também a necessidade de novos estudos que permitam identificar vias e locais que favoreçam o uso e desempenho do asfalto permeável, como aquelas apontadas pelas bibliografias consultadas, a exemplo de áreas privadas de estacionamentos, pátios, grandes empreendimentos imobiliários e vias de tráfego local.

## VII. REFERÊNCIAS

- [1] Tucci, C. E., & Bertoni, J. C. (2003). Inundações urbanas na América do Sul. Ed. dos Autores.
- [2] Esteves, R. L. (2006). Quantificação das Superfícies Impermeáveis em Áreas Urbanas por Meio de Sensoriamento Remoto. Xiv,106 p., 210 X297, mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2006). Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2935/1/Dissertacao%20Rafael%20Esteves%20091.pdf>>. Acessado em: 25.abr.2019.
- [3] Canholi, A. (2014). Drenagem urbana e controle de enchentes. Oficina de textos.
- [4] Febestral. (2005). Les Revêtements Drainants en pavés de béton. Recuperado em: 27, outubro de 2017, de: <<http://www.febestral.be>>. Acessado em: 10.abr.2019.
- [5] IBGE. Pesquisa nacional de saneamento básico 2008. Rio de Janeiro – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2008. <[https://observatoriopnrs.files.wordpress.com/2014/12/pnsb\\_ibge-2008-2010.pdf](https://observatoriopnrs.files.wordpress.com/2014/12/pnsb_ibge-2008-2010.pdf)>. Acessado em: 18.abr.2019.
- [6] Pompêo, C. A. (2000). Drenagem urbana sustentável. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 5(1), 15-23.
- [7] Suderhsa, C. H. D. B. (2002). Manual de drenagem urbana– Região metropolitana de Curitiba/PR-versão 1.0. Suderhsa– Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Não publicado.
- [8] LI, J. Mix design of pervious recycled concrete. Geohunan International Conference – Material Design, Construction, Maintenance, and Testinf of Pavements. V. 195, n. 15, p. 103-108, Ago. 2009
- [9] Baptista, M. B., de Oliveira Nascimento, N., & Barraud, S. (2005). Técnicas compensatórias em drenagem urbana. ABRH.
- [10] Tomaz, P. (2009). Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. Oceania, 65(4), 5.
- [11] Acioli, L. A. (2005). Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte. Doctoral dissertation, Programa de Pós graduação em Recursos hídricos e saneamento ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- [12] ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. Projeto técnico: Pavimentos Permeáveis, 2011.
- [13] Castro, L. R. (2013). Mezclas Drenantes. In 13º Congreso Ibero-Americano Del Asfalto. Cooper, D. R., & Schindler, P. S. (2008). Métodos de Pesquisa em Administração-12ª Edição. McGraw Hill Brasil.
- [14] Virgilis, A. L. C. D. (2009). Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias (Dissertação, Universidade de São Paulo).
- [15] Gonçalves, F. P., Ceratti, J. A., & Somacal, L. (2000). Investigação do desempenho de misturas asfálticas convencionais e modificadas com polímeros: proposição de um estudo envolvendo ensaios acelerados de pavimentos com um simulador linear de tráfego. Anais do Simpósio Internacional de Manutenção e Restauração de Pavimentos e Controle Tecnológico, São Paulo.



## CLOUD COMPUTING: REDUCING COSTS IN SMALL AND MEDIUM BUSINESS

Eduardo Frias Avinte<sup>1</sup>, Manoel Henrique Reis Nascimento<sup>2</sup>  
e Aline Santos do Nascimento<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica Faculdade FUCAPI – Manaus - AM.

<sup>3</sup> Ciências Naturais, Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

Email: [eduardo.avinte@outlook.com](mailto:eduardo.avinte@outlook.com), [hreys@bol.com.br](mailto:hreys@bol.com.br), [alynne\\_santos2000@hotmail.com](mailto:alynne_santos2000@hotmail.com)

Received: May 10<sup>th</sup>, 2019

Accepted: May 27<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

### ABSTRACT

With the advancement of technology and the growth of large companies, small and medium-sized companies are facing great competition in the business market. In order to survive in the competitive marketplace, there was a need for these companies to use their resources in the best way, investing their money in ways that could keep their products or services to the highest quality possible, and cloud computing came to assist in this. With the proposal to provide the same services of a physical computational infrastructure in your company, but without the expenses of energy, maintenance, update, and security, besides the mobility to use the service anywhere, simply having communication with the internet, and paying only for what you use. This article aims to show the characteristics of cloud computing, implementation models, their qualities and risks, and, through a case study, demonstrate the reduction of expenses when using cloud computing, proving that the characteristic pay reduces the without reducing the quality of the product or service.

**Keywords:** Concrete, Reuse, Waste.

## COMPUTAÇÃO EM NUVEM: REDUZINDO GASTOS EM PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS.

### RESUMO

Com o avanço tecnologia e o crescimento das grandes empresas, as pequenas e médias empresas passam a enfrentar uma grande competitividade no mercado empresarial. Para sobreviver nesse mercado competitivo, houve a necessidade dessas empresas utilizarem os seus recursos da melhor maneira, aplicando seus investimentos de maneira que pudesse manter seus produtos ou serviços com qualidade e ter o menor gasto possível, e a computação em nuvem veio para mitigar tais custos. Com a proposta de proporcionar os mesmos serviços de uma infraestrutura computacional física em sua empresa, porém sem os gastos de energia, manutenção, atualização, e segurança, além da mobilidade de usar o serviço em qualquer lugar, bastando ter uma comunicação com a internet, e pagando apenas pelo que usar. Este artigo tem como objetivo mostrar as características da computação em nuvem, modelos de implementação, suas qualidades e riscos, além de, mediante um estudo de caso, demonstrar a redução de gastos ao utilizar a computação em nuvem, provando que a característica pague reduz os gastos sem reduzir a qualidade do produto ou serviço.

**Keywords:** Computação em nuvem, Redução de Gastos, Pequenas e Médias Empresas.

## I. INTRODUÇÃO

Com a evolução do ser humano como sociedade moderna, a comunicação se tornou tão importante no dia a dia quanto o acesso à energia elétrica e água encanada, e com o avanço da internet, podemos nos comunicar e obter serviços, antes presos à um computador de escritório, em praticamente qualquer lugar. Com necessidade da alta disponibilidade da internet, surgiu então a Computação em Nuvem (Cloud Computing), termo que surgiu em 2006 em uma palestra de Eric Schmidt, da Google, sobre como sua empresa gerenciava seus data centers [1]. Com acesso todo baseado na internet e em virtualização de serviços, a Computação em Nuvem surge da necessidade de construir infraestruturas de TI complexas, no qual usuários não terão que realizar instalação, configuração e atualização de softwares [2].

Como, na sua maioria das vezes, o serviço ou estrutura mantido por uma empresa especializada em Computação em Nuvem, a mesma se torna, um ambiente redundante e resiliente [1]. Então, o cliente tem acesso ao serviço necessário, podendo ser uma aplicação pronta, ou até uma máquina virtual do zero, para utilização como desejar, e então, paga pela quantidade de uso de tal serviço (*Pay per Use*), podendo ser mensurado por tempo de utilização, capacidade de dados consumidos ou poder de processamento, bastando ter o acesso à internet, o serviço fica disponível assim como se estivesse dentro do seu dispositivo ou empresa.

Com tal serviço, as empresas puderam reduzir seus gastos, devido a redução de custos que esse serviço proporciona, ao invés de investir em uma ampla infraestrutura de TI dentro da empresa [3], já que o ambiente é todo mantido pela contratada, gastos com manutenção também serão cortados, haverá a melhor utilização dos recursos das máquinas, pois cada serviço será focado na utilização, além da segurança no serviço que está sendo mantido por uma empresa especializada, objetivando a disponibilidade 24 horas do produto, e até com assistência nos serviços, podendo muitas vezes serem disponibilizados pela própria empresa de computação em nuvem.

Tais serviços podem variar desde uma unidade de armazenamento de arquivos para salvar seus arquivos importantes, um servidor de aplicações web para o desenvolvimento de seu site, ou uma máquina apenas com sistema operacional e hardware dedicado para a utilização de um servidor para sua empresa, assim como mostra a imagem a Figura 1.

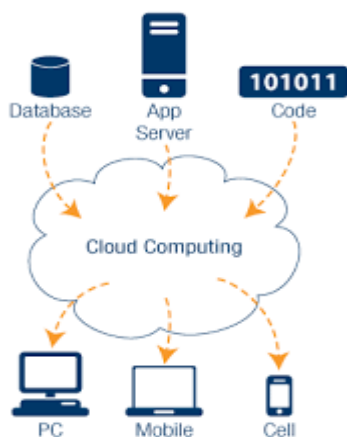


Figura 1. Demonstrativo da Computação em Nuvem.  
Fonte [4].

Este trabalho, tem como objetivo identificar quais as vantagens para uma empresa de pequeno a médio porte migrar e manter seus serviços utilizando a computação em nuvem.

A estrutura deste artigo está dividida na introdução ao conceito de Cloud Computing, seu histórico, como funciona, métodos de utilização e segurança no ambiente da nuvem, após isso vamos conceituar uma empresa de pequeno porte e sua utilização de TI, então nesse artigo, serão abordados, as vantagens e riscos da utilização da computação em nuvem, e por fim as considerações finais.

## II. COMPUTAÇÃO EM NUVEM

Antes de entender o que é a Computação em Nuvem e como ela funciona, é importante entendermos, de maneira geral, algumas tecnologias que antecederam a computação em nuvem, e que foram base para a construção da mesma.

No início da computação, existiam os Mainframes, grandes computadores com o objetivo de processar grande quantidade de dados, para a época, e com alta disponibilidade, esses servidores além de caros, necessitavam de um grande espaço e muito consumo de energia para funcionarem [5], foi então que apareceram os Clusters, termo que, traduzindo do inglês, significa agrupar, ou aglomerar, e no mundo da computação consiste em computadores interligados por alguma arquitetura, cada um é designado por um nó de um conjunto de nós, e existe um nó que gerencia os outros [6], que faz com que eles trabalhem em conjunto, dividindo tarefas, melhorando e agilizando processos e reduzindo os custos de um mainframe. Além dos clusters, temos também que citar a virtualização, tecnologia que proporciona a criação digital de um computador em um container virtual dentro de outra máquina, podendo então, por meio de um software de virtualização, simular um outro computador, com todas as suas funcionalidades, dentro do seu próprio computador, o que permitia que sistemas de servidores completos existissem dentro de um único container virtual.[5]

Segundo [5], que a Computação em nuvem é um modelo de processamento de informação no qual recursos de computação são administrados de forma centralizada e oferecidos como serviços, à medida que são demandados [5].

Com essa base de conhecimento, entende-se que, a computação em nuvem, enquanto computação, é uma mescla de virtualização, pois a sua base é construída em sistemas virtualizados para atenderem as mais diversas demandas dentro de uma arquitetura abstrata, portanto o usuário não visualiza o computador que está por trás da aplicação que ele está utilizando, e computação em cluster, para manter a alta densidade e processamento de dados viável para entrega ao usuários sob demanda, e enquanto negócio, é um serviço disponibilizado sob demanda, de maneira abstrata, bastando o cliente requerer o serviço ou produto, bastando apenas um meio de comunicação com a internet para acessá-lo.

### II.1. CARACTERÍSTICAS DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM

Segundo a NIST (National Institute of Standards and Technology) [7], a computação em nuvem possui cinco características essenciais, que são:

- **Autoatendimento sob demanda**

O cliente da nuvem tem a possibilidade de adquirir recursos computacionais, a qualquer momento, sem precisar de uma interação de um suporte do fornecedor.

O que abstrai a visualização desse serviço/equipamento, removendo a necessidade de uma possível mudança de hardware para, por exemplo, adicionar memória RAM em uma placa mãe com seus slots cheios.

- **Amplio acesso à rede**

Os serviços são disponibilizados através da rede e acessados através de mecanismos padronizados como thin ou thick cliente, como computadores de escritório, notebooks, celulares.

Isso torna a acessibilidade da nuvem muito abrangente, não sendo mais necessário o cliente obrigatoriamente estar localizado em um site local.

- **Agrupamento de recursos**

Os recursos da nuvem são estruturados de maneira que possam atender a vários clientes ao mesmo tempo, além disso, essa localização é abstraída também do cliente, onde na sua maioria das vezes esse cliente não tem o controle da localização exata desses recursos,

Essa abstração faz com que a utilização e cuidados da nuvem sejam de controle do provedor de serviços, podendo utilizar da infraestrutura computacional que melhor atende o cliente e com mais eficiência.

- **Elasticidade**

Os recursos são provisionados de maneira elástica, mais flexível, quase que automaticamente, podendo ser removendo ou adicionando recursos, parecendo para o cliente que esses recursos são praticamente ilimitados.

Essa característica é uma das mais marcantes da computação em nuvem, graças a ela a nuvem pode ser quase tão multiforme como a nuvem climática, podendo variar seus recursos computacionais de maneira flexível, sem se prender a limitações de uma placa mãe que possui apenas 2 slots sata para hdds.

- **Serviço Medido**

A arquitetura da nuvem é gerida por sistemas que controlam e otimizam o serviço automaticamente, para dar mais aproveitamento a um recurso computacional, como por exemplo, armazenamento, processamento ou largura de banda. Esse controle é monitorado e relatado para o cliente, trazendo transparência para o serviço que o cliente está consumindo.

## II.2 MODELOS DE SERVIÇOS

Seguindo os padrões da NIST[7], existem três modelos padrões de entrega dos serviços da Computação em Nuvem, esses modelos dividem o tipo de serviço que será entregue e como ele pode ser manuseado.

- **SaaS - Software como serviço**

A camada mais próxima do usuário final, nela o consumidor pode executar aplicações provenientes da nuvem, utilizar e em alguns casos configurar a mesma, não tendo acesso

nenhum a infraestrutura da nuvem, o ambiente onde a aplicação está hospedada ou a instalação de novas aplicações.

- **PaaS – Plataforma como serviço**

A camada intermediária, o consumidor pode implementar aplicações desenvolvidas ou adquiridos por ele, para utilizar em seu ambiente de trabalho ou até vender acesso para seus clientes. Nesse modelo, o consumidor tem pouco controle sobre a infraestrutura que possui, porém tem controle do ambiente onde sua aplicação está hospedada e sobre a própria aplicação. Esse modelo é mais utilizado por desenvolvedores de aplicações e mantenedoras de aplicativos.

- **IaaS – Infraestrutura como serviço**

Nesse modelo, o consumidor tem o controle a nível de Sistema Operacional, podendo instalar o Sistema Operacional que desejar, instalar os softwares que achar necessários e até algumas configurações de componentes de redes, como firewalls.

Na figura 2 pode-se visualizar o público alvo de cada modelo de serviço.

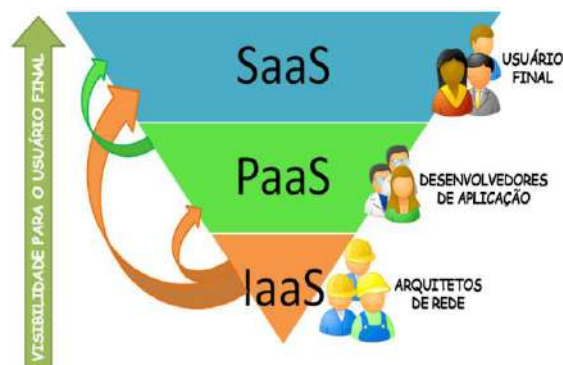


Figura 2. Demonstrativo de modelos de serviços.

Fonte: [8].

## II.3 MODELOS DE IMPLEMENTAÇÃO

Tais modelos são métodos de como a computação em nuvem é disponibilizada na rede, quais suas restrições de acesso, abrangência de disponibilidade e por quem é aplicada. Os padrões citados são baseados nas informações da NIST [7].

- **Nuvem Privada**

A nuvem privada é, como o nome já diz, provisionada para uma organização, sendo gerenciada e operada por tal organização, ou um terceiro que responda para essa organização.

- **Nuvem Comunitária**

Com foco em uso exclusivo de uma determinada comunidade que compartilhe de um mesmo objetivo. Pode ser gerenciado e operado por uma ou mais organizações, que façam parte dessa comunidade.

- **Nuvem Pública**

Nesse modelo, a infraestrutura de nuvem é construída para o uso aberto, onde qualquer cliente pode ter acesso a ela. Pode ser gerenciada por uma ou mais organizações ou até uma única pessoa.

#### • Nuvem Híbrida

Composta de dois ou mais modelos anteriores, tendo suas particularidades, porém dividindo uma tecnologia padronizada que permite a comunicação entre elas.

A figura 3 representa os modelos de implementação e quanto os modelos se globam.



Figura 3. Demonstrativo de modelos de implementação.

Fonte: [9].

#### II.4 SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO NA COMPUTAÇÃO EM NUVEM

Antes de citar como funciona a segurança dos dados na computação em nuvem, é necessário entender o que é a segurança de dados, já que tratamos de dados armazenados e processados na nuvem.

A Segurança da informação é o garantir da integridade e proteção das informações de uma organização [3]. Tais informações podem ser dados sendo enviados pela rede, arquivos armazenados em um computador ou até informações externas ao computador.

Para se manter essa segurança, devem se respeitar três características:

1. Integridade, que diz respeito ao controle da informação, mantendo-a no seu estado original, sem alterações indevidas;
2. Confidencialidade, para que a informação seja acessada apenas pelas pessoas permitidas para tal;
3. Disponibilidade, para que a informação esteja disponível para acesso sempre que requisitada.

Levando em conta as normas de segurança da informação, porém agora voltado para as nuvens, essa responsabilidade fica para o mantenedor da nuvem, que tem uma grande vantagem no assunto, por ser uma empresa especializada em manter os serviços no ar e possuem datacenters com infraestrutura preparada para conter possíveis ataques externos ou sinistros naturais. Tais provedores disponibilizam de sistemas de auditoria para a verificação de backups, atualização de sistemas de segurança, um rígido controle de acesso, além de várias maneiras disponíveis para disponibilizar a conexão sempre no ar, tendo em vista que seu único meio de acesso é pela internet.

Logo, pequenas e médias empresas não precisam se preocupar e gastar esforços e dinheiro se preocupando em implementar segurança em sua infraestrutura, pois essa segurança,

seja ela física ou lógica, está sendo mantida pela provedora da computação em nuvem.

#### III. PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS

Diante de uma sociedade altamente competitiva, as PMEs, ou pequenas e médias empresas, precisam rapidamente se adaptar para acompanhar o mercado brasileiro [1].

Essa categoria de PME pode variar de acordo com sua localização, porém utilizaremos o conceito que, no Brasil, são aquelas com até 500 colaboradores, sendo as pequenas contando com no máximo 99 colaboradores nas indústrias e 49 no comércio, já as médias empresas contam com 499 nas indústrias e 99 no comércio [10].

Isso indica que para essas empresas poderem continuar competindo com as grandes multinacionais, qualquer ferramenta que venha a auxiliar os seus processos seja de suma importância. Logo, a computação não pode ser deixada de lado nesse processo de melhoria, quando um dia o setor de TI era apenas o suporte para utilização das máquinas, com a computação em nuvem, esse setor será responsável pela entrega de serviços, deixando de ser um setor considerado de suporte, que apenas gera gastos, para um setor estratégico, disponibilizando serviços sob demanda, reduzindo gastos inerentes aos antigos servidores locais, e até aumentando a eficiência dos gastos ainda utilizados, como internet e luz.

#### IV. VANTAGENS DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM

Após entender o que é e como funciona a computação em nuvem, este artigo listará algumas das vantagens de uma empresa de pequeno e médio porte migrar sua infraestrutura de TI física, alocada em uma sala, para a computação em nuvem. É de ciência também, que muitas empresas têm suas peculiaridades, logo, este artigo citará vantagens que mais abrangem o mercado brasileiro, focando a redução de custos diretos e indiretos e foram baseados em estudos de artigos científicos [1][11].

Empresas de pequeno e médio porte nem sempre tem a verba para investir em um equipamento que tenha capacidade, por exemplo, de disponibilizar um servidor de e-mails, com capacidade de armazenamento e processamento suficiente para aguentar a demanda de vários e-mails chegando e saindo a todo momento, ou então uma máquina robusta para manter um sistema de gestão integrada (ERP), onde todos os dados e processos críticos para a empresa são gerenciados e combinados para gerar relatórios e controles, logo, muitas empresas são obrigadas a, ou comprar equipamentos menos eficazes para a demanda, ou então gastar de recursos que não tem para adquirir grandes equipamentos poderosos o suficiente para servir ao propósito, mas que muitas das vezes fica grande parte do tempo ocioso.

A primeira vantagem citada, é uma das mais marcantes da computação em nuvem para empresas em geral, o modelo **pague por uso**, nele a empresa, ao selecionar o recurso necessário, como por exemplo um servidor de e-mails Microsoft Exchange, paga para a provedora de computação em nuvem apenas pelo consumido do recurso solicitado, como no caso, seria pago um valor para cada usuário que fosse utilizar os serviços de e-mail da empresa. Então, ao pagar por um serviço de servidores de e-mail, a empresa estará gastando apenas de acordo com o recurso utilizado, tornando o investimento muito mais eficiente.

Seguindo essa linha de raciocínio, temos então a segunda vantagem citada neste artigo, a **redução de gastos com serviços de TI**, pois, como o hardware estará alocado na provedora, gastos com, manutenção dos componentes, como troca de peças de hardware como uma fonte queimada ou uma placa de rede ultrapassada, ou uma atualização de softwares, tanto para correção de bugs como para adicionar novas funções, serão removidos da responsabilidade da empresa, logo, o valor investido na contratação do serviço para a utilização do mesmo já servirá até para mantê-lo funcionando.

Como terceira vantagem, uma redução de custo indireta, mas que também é muito importante principalmente para empresas pequenas e médias, a **redução de gastos com energia elétrica**, pois com menos equipamentos alocados em suas propriedades, principalmente máquinas provedoras de serviços, que costumam ficar 24 horas por dia e 7 dias na semana ligadas, o gasto de energia irá reduzir consideravelmente.

Além da redução de gastos inerentes à estrutura física que será evitada ou reduzida com a computação em nuvem, a computação em nuvem possui também vantagens voltadas para a melhoria de eficiência e de segurança, como a **mobilidade**, que devido o serviço ter como porta de acesso a internet, você pode acessar tal serviço, caso permitido pelas políticas da empresa, em qualquer lugar, podendo então ir a uma reunião em outro local e mesmo assim acessar o seu serviço de e-mail empresarial ou o seu software de gestão empresarial para mostrar um relatório totalmente atualizado gerado naquele exato momento.

**Recuperação de sinistros** é também uma grande vantagem da computação em nuvem, mesmo que muitas vezes sendo citada também como um risco, sinistros podem acontecer em qualquer infraestrutura de computação, sendo ela alocada em sua empresa ou em um provedor de serviços. Logo, o fato de seus dados estarem em uma empresa especializada em computação, toda a parte de proteção contra sinistros e recuperação caso ocorra estará de responsabilidade da empresa de computação em nuvem, o que pode dar a empresa uma maior confiança de que seus dados estão protegidos por alguém preparado para isso.

A Figura 4 mostra as qualidades citadas neste artigo.

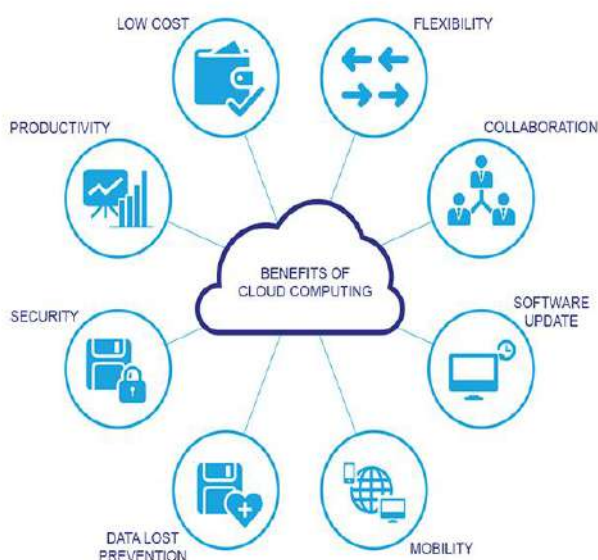


Figura 4. Vantagens da Computação em Nuvem.

Fonte: [12].

## V. RISCOS DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM

Como toda mudança, existem alguns riscos que devem ser analisados, para após isso verificar a viabilidade da utilização da computação em nuvem. Tais riscos podem ser inerentes do serviço em si, ou até consequência da utilização do mesmo. Este artigo irá relatar alguns riscos que mais impactam na utilização da nuvem em empresas de pequeno e médio porte.

O primeiro ponto, e o que mais pode impactar no serviço da empresa, é a **disponibilidade**, devido o serviço estar alocado em algum servidor, ou servidores, mundo a fora, o único meio de comunicação com esse serviço é por meio da internet, ou seja, se por algum motivo, sendo ele do lado do provedor ou do cliente, essa comunicação ficar indisponível, a empresa perderá total acesso do tal serviço, o que pode acarretar em graves problemas, como no exemplo anterior, a falta de acesso à um determinado servidor de e-mails na nuvem, pode ocasionar em uma perda de um contrato, ou na demora de uma resposta crucial para o negócio. Para reduzir esse risco, os provedores de serviços de computação em nuvem possuem uma robusta estrutura de comunicação com a internet, contendo vários links de failover (conexões com a internet reservas, para que quando uma conexão parar de funcionar, outra toma seu lugar e mantém o serviço funcionando), assim o cliente não sentirá a queda de seus serviços, a não ser que a indisponibilidade seja do seu lado.

Além do fato da disponibilidade em si, a internet e sua eficiência podem acarretar em problemas de comunicação com o provedor, caso ela não tenha uma boa largura de banda, o que normalmente é chamado de “velocidade da internet”, serão notados lentidão no envio e resposta de informações, principalmente caso o serviço que está na nuvem tenha que ter uma taxa de resposta bem rápida. Logo, para tais serviços, os provedores dispõem de conexões com a internet com grande largura de banda, muitas vezes sendo conectados a várias rotas diferentes de internet para prover grande quantidade de dados e em um curto espaço de tempo.

Além da disponibilidade do serviço e da qualidade de sua conexão, a segurança dessas informações também é um risco a se analisar antes de contratar um serviço de nuvem. Como citado sobre segurança da informação, os três pilares da segurança devem ser muito bem respeitados e transparentes para o cliente, a privacidade de seus dados não pode ser violada e disponibilizada para outros clientes, ou até mesmo para dentro da empresa de computação em nuvem, esses dados não podem ser modificados indevidamente, por indivíduos sem permissão para tal, e pelo fato de seus dados estarem sempre em contato com a internet, eles estão mais aptos a receber um ataque malicioso, que pode acabar sequestrando seus dados, a segurança dos servidores deve estar sempre preparada para tal ataque. Todos esses riscos podem ser mitigados ou reduzidos consideravelmente com uma boa estrutura de segurança, tanto no provedor, como na máquina cliente, o que muitas das vezes é ignorado pelo cliente, que acha que sua máquina não precisa de um bom antivírus e/ou um firewall protegendo sua rede.

E por fim, um outro risco importante da computação em nuvem, é o método de utilizá-la. Muitas empresas que contratam empresas menores para prestar serviços para elas, possuem suas políticas de segurança da informação, que acabam inviabilizando o uso de uma computação em nuvem, vezes pela segurança da informação, devido a serem dados de extrema criticidade, como

uma informação que não pode vaziar, e vezes por falta de conhecimento de todo o preparo e estudo que possui um provedor de computação em nuvem.

Este artigo cita tais riscos, para informar que eles existem, e que devem ser muito bem estudados pela empresa, para que possa ser ponderando junto as qualidades e verificar se é viável a migração de um serviço local para a nuvem de computadores, o que não indica que todos eles irão realmente acontecer e impactar em 100% dos casos.

## VI. MIGRANDO PARA A COMPUTAÇÃO EM NUVEM

Neste artigo, é relatado um caso de uma pequena empresa do ramo de comércio, que deseja ter seu próprio serviço de e-mails, para utilizar dentro e fora de sua empresa, para um total inicial de 50 funcionários, e assim melhorar o controle das informações, manter histórico de suas atividades e centralizar o processo como um todo. Não serão contabilizados gastos como internet, pois em ambos os meios, computação local ou em nuvem, ela é necessária, ou então gastos de depreciação pelo tempo de vida útil do equipamento.

Para isso, esta empresa pode seguir pelo caminho da infraestrutura local, onde a mesma terá de adquirir um servidor físico robusto, além de estrutura e pessoal capacitados o suficiente para manter o serviço de e-mails funcionando 24 horas por dia, 7 dias por semana, ou optar pela opção de computação em nuvem, onde a empresa terá de pagar pelo serviço de acordo com o uso.

No caso de a empresa optar pela opção de computação local, de acordo com o levantamento das necessidades da empresa, foi dimensionado um computador servidor (com capacidade para atender um serviço) de baixo custo, da marca dell, cotado no site da fabricante, com suas configurações descritas como se segue:

Modelo: PowerEdge T140;  
Espaço em Disco: 2 HDs de um Terabyte, com RAID 1;  
Memória RAM: 8GB;  
Processador: Xeon E-2124 3.3GHz;  
Sistema Operacional: Linux OS;  
Garantia de um ano do fornecedor;  
Valor: R\$ 5299,00  
Fonte: [13].

Além do servidor físico, a empresa terá de mantê-lo funcionando, e para isso a empresa contratou um Analista de TI preparado para implementar um serviço *open-source* de E-Mail, ou seja, a empresa iria estar economizando no gasto de licenças nesta demanda, o que muitas das vezes não é possível devido o serviço necessário ser disponibilizado mediante a compra de uma licença comercial. Para tal funcionário especializado em implementar o serviço e mantê-lo funcional, foi feita uma pesquisa em sites de vagas de emprego, onde a média salarial de um analista de TI ficou com média de três mil reais.

Além da mão de obra, equipamentos necessários, a empresa também optou por comprar um No-break para evitar possíveis problemas com sinistros de energia elétrica, no valor de R\$ 1593,00. Totalizando um gasto no primeiro ano de R\$ 42892,00, sem contabilizar os gastos de energia elétrica de um computador ligado 24 horas por dia, 7 dias na semana, sem contabilizar também possíveis sinistros com o equipamento, devido a garantia do mesmo, e os gastos inerentes ao funcionário, mediante as leis trabalhistas.

Porém, caso a empresa decida utilizar de um serviço da computação em nuvem, ela tem a opção do Amazon WorkMail, serviço da empresa Amazon Web Services, AWS, para atender empresas que desejam ter seus e-mails controlados e assegurados. Tal serviço provém de todas as ferramentas que uma computação em nuvem pode proporcionar, como gerenciamento do serviço, segurança, compatibilidade, mobilidade e o sistema pague por uso [14]. Com esse serviço, a empresa irá pagar o valor de 4USD por cliente utilizando a ferramenta, o que dá uma maior visibilidade para a empresa o valor que irá dispor para manter o serviço.

Conforme a tabela 1, pode-se visualizar a diferença de valores gastos para adquirir e manter o serviço de e-mail empresarial.

Tabela 1. Vantagens da Computação em Nuvem.

|  | Nuvem                | Computação Local |
|--|----------------------|------------------|
| <b>Servidor Físico</b>   | R\$ 0,0              | R\$ 5299,00      |
| <b>Controle de Sinistro (energia elétrica)</b>   | R\$ 0,0              | R\$ 1593,00      |
| <b>Mão de obra capacitada</b>  | R\$ 0,0              | R\$ 3000,00 /mês |
| <b>Serviço (E-mail)</b>  | 4 USD x Usuário/ mês | R\$ 0,0          |
| <b>Total gasto no Primeiro Ano, para o uso de 50 funcionários</b>  | R\$ 12000,00         | R\$ 42892,00     |
| <b>Total gasto no Segundo Ano, para o uso de 50 funcionários, sem o gasto de atualizações, manutenções e sinistros</b>   | R\$ 12000,00         | R\$ 36000,00     |
| <b>Total gasto no Terceiro Ano, para o uso de 100 funcionários, sem o gasto de atualizações, manutenções e sinistros</b> | R\$ 24000,00         | R\$ 36000,00     |

Fonte: Autores (2019)

Com base na tabela 1, pode-se identificar que o serviço de computação em nuvem provê a esta empresa, uma redução de gastos substanciais ano após ano, com o investimento focado apenas no serviço, a estrutura de nuvem tem um gasto anual fixo de quase dois terços menor do que valor investido utilizando a computação com infraestrutura local, e mesmo com o crescimento de quantidade de funcionários utilizando o serviço, a economia fica em torno de um terço, mantendo o melhor investimento utilizando a computação em nuvem.

## VII. CONCLUSÃO

Após o estudo realizado das características e funcionalidades da computação em nuvem, com base em um estudo de caso de uma pequena empresa, que deseja ter seu serviço de e-mail, tendo como opção um servidor em computação local ou em nuvem, a mesma oferece uma redução substancial de praticamente dois terços de valor inferior ao utilizar a computação em nuvem nos dois primeiros anos, com o serviço sendo utilizado por 50 funcionários, e após o acréscimo para 100 funcionários, a redução de gastos cai para um terço, isso se dá por ter seu investimento mais objetivo, onde o gasto é todo para o serviço, não se preocupando com o ambiente necessário para o serviço estar funcional.

As vantagens citadas neste artigo são comprovadas na redução de gastos de com estrutura física, como a compra do computador para gerenciar o serviço de emails, segurança da

informação, correção e melhoria do sistema e até nos gastos para manter o serviço funcionando.

Porém, a decisão de migrar ou não para a nuvem não é uma decisão simples, deve ser levado em consideração a demanda do serviço, pois devido o sistema pago por demanda, caso o serviço tenha alta utilização, porém baixo retorno, monetário ou estratégico, pode ser que se torne prejudicial o uso dessa nuvem. Além dos gastos atuais ou a prospecção dos gastos caso sejam de infraestrutura própria em comparativo com os gastos da computação em nuvem a longo prazo. O quão aceitável são os riscos que todo serviço na nuvem está predisposto a sofrer. E balancear isso com todas as qualidades na qual o advento da computação em nuvem pode prover ao seu cliente. Logo, a computação em nuvem, mesmo sendo um avanço tecnológico, como todo serviço, tem seu nicho, e que, se utilizado de maneira correta, pode quebrar várias barreiras e transformar uma área antes dita como suporte para uma área estratégica da empresa.

Além desse estudo voltado para a redução de gastos, o assunto Computação em nuvem é muito vasto, e pode abranger novos estudos como:

- A segurança contra os temidos ataques cibernéticos em servidores na nuvem;
- A utilização das nuvens privadas, e como uma empresa pode criar sua própria computação em nuvem;
- A computação em nuvem no mundo dos jogos eletrônicos.

#### VIII. REFERENCIAS

[1] Taurion, Cezar, Cloud Computing: Transformando o mundo da Tecnologia da Informação, 2009.

[2] Ruschel, Henrique. Zanotto, Mariana Susa. Da Mota, Wélton Costa, Computação em Nuvem, 2008.

[3] Dias, Jean Miguel F. Rodrigues, Rita de Cássia M, A Segurança de dados na Computação em Nuvem nas pequenas e médias empresas, 2012.

[4] Martines, Mariana. Computação em Nuvem. Disponível em : <https://www.infoescola.com/informatica/computacao-em-nuvem/>. Acesso em: 20/04/2019.

[5] Chee, Brian J.S e Jr, Franklin Curtis, Cloud Computing: Technologies and Strategies of the ubiquitous data center, 2010.

[6] Gomes, Carina Nobre, Estudo do Paradigma Computação em Nuvem, 2012.

[7] Mell, Peter e Grance, Timothy, The NIST Definition of Cloud Computing. Special Publication 800-145, 2011.

[8] Oliveira, Athos de. Novais, Humberto, Computação em Nuvem, 2012.

[9] Disponível em : <https://www.etice.ce.gov.br/nuvem/>. Acesso em: 20/04/2019.

[10] Puga, F. P, Experiência de Apoio às micro, pequenas e médias empresas nos Estados Unidos, Itália e Taiwan, 2000.

[11] Vieira, Claudia S. Meirelles, Fernando de Souza, Computação em Nuvem: Análise bibliométrica da produção científica sobre os fatores que influenciam as empresas no seu uso, 2015.

[12] Disponível em : <https://tegra.com.br/cloud-computing/> Acesso em: 20/04/2019.

[13] Disponível em : [https://www.dell.com/pt-br/work/shop/servidores-armazenamento-rede/novo-poweredge-t140-2hds-de-1tb-8gb/spd/poweredge-t140/pe\\_t140\\_13161\\_bcc\\_2](https://www.dell.com/pt-br/work/shop/servidores-armazenamento-rede/novo-poweredge-t140-2hds-de-1tb-8gb/spd/poweredge-t140/pe_t140_13161_bcc_2) Acesso em: 20/04/2019.

[14] Disponível em : <https://aws.amazon.com/pt/workmail/> Acesso em: 20/04/2019.

[15] Monteiro, Beatriz. Da Rosa, Rodrigo, Avaliando o Uso da Computação em nuvem na TI para Pequenas e Médias Empresas Brasileiras, 2013.

## STRUCTURING AND MAINTENANCE OF STATIONARY DIESEL ENGINES: AN ALTERNATIVE FOR THE GENERATION OF ELECTRICAL ENERGY FROM THERMAL SOURCES

Ronaldson Samuel de Oliveira Júnior<sup>1</sup>, Érico Kléber Fagundes Jacomé<sup>2</sup>, Eduardo Rafael Barreda del Campo<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Formandos do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário do Norte (UNINORTE). Manaus-AM.

<sup>3</sup> Professor Orientador do Centro Universitário do Norte (UNINORTE). Manaus-AM.

Email: [ronaldson.junior@gmail.com](mailto:ronaldson.junior@gmail.com) , [ericojacome@hotmail.com](mailto:ericojacome@hotmail.com) , [eduardoserapio@yahoo.com.br](mailto:eduardoserapio@yahoo.com.br)

Received: May 22<sup>th</sup>, 2019

Accepted: May 30<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

The work presented here brings in essence the concepts of structure, functionality and maintenance of stationary combustion diesel engines. The alternative to make a compilation between regulations and functional applications of such engines is an important tool for mechanics professionals, since it allows to discuss with academic community the principle of operation engines generating energy and to question factors pros and cons to use such systems: either by environmental, social, economic and other impacts. The applied methodology is in the component's description and their functionalities, besides to dialog with the most varied maintenance forms, making generating sources comparison. As the forms of operation are previously technical and instrumental, the objective of this research is to demonstrate a more realistic view from component parts of an engine and its functionalities, seen through mechanic eyes to socialize knowledge, which can be useful to understand the engine main forms utilization seeking for efficiency and balance.

The perspective to reach the goal on this research is to integrate theoretical knowledge taught in mechanic courses with applied practices in loco at most varied activities forms, whether in small, medium or large. Related to power generation from thermal sources is an option, nowadays very questioned due to environment pollution patterns, thus making it an opportunity to study better all the biases that move these currently study.

**Keywords:** Diesel Engine, Components, Power Generation, Thermal.

### ESTRUTURAÇÃO E MANUTENÇÃO DE MOTORES A DIESEL ESTACIONÁRIOS: UMA ALTERNATIVA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE FONTES TÉRMICAS

#### RESUMO

O trabalho aqui apresentado traz na sua essência as concepções de estrutura, funcionamento e manutenção de Motores de combustão a diesel estacionários. A alternativa em fazer uma compilação entre as normativas e as aplicações funcionais de tais motores se mostra uma importante ferramenta para os profissionais de Mecânica, uma vez que permite discutir com a comunidade acadêmica o princípio de funcionamento de motores geradores de energia e questionar os fatores prós e contra da utilização de tais sistemas: seja pelo impacto ambiental, social, econômico e outros. A metodologia aplicada está na descrição dos componentes e suas funcionalidades, além de dialogar com as mais variadas formas de manutenção, fazendo um comparativo das fontes geradoras. Como as formas de operação são previamente técnicas e instrumentais o objetivo desta pesquisa é demonstrar um olhar mais realístico das partes componentes de um motor e suas funcionalidades, aos olhos da mecânica para socializar saberes que podem ser úteis para a compreensão das principais formas de utilização do motor em busca de eficiência e equilíbrio. A perspectiva para o alcance da pesquisa é fazer uma integração entre os conhecimentos teóricos ensinados nos cursos de mecânica com as práticas aplicadas in loco nas mais variadas formas de atividades, seja em pequeno, médio ou grande porte. Quanto ao fator geração de energia a partir de fontes térmicas é uma opção, hoje muito questionada devido ao padrão de poluição ao meio ambiente, fazendo assim, uma oportunidade de se estudar melhor todos os vieses que movem essas correntes de estudo.

**Palavras Chave:** Motor Diesel, Componentes, geração de energia, Térmica.



## I. INTRODUÇÃO

A corrida pela eficiência energética e o desenvolvimento de tecnologias que construa fontes de geração com qualidade e acessibilidade a múltiplas categorias tem sido uma constante na vida da sociedade atual. A ciência trabalha para produzir soluções a longo, médio e curto prazo. As demandas de energia têm crescido em escala exponencial, por essa razão se exige uma combinação mais efetiva nas formas de geração e diversificação de tais fontes.

O mundo consumiu 96,6 Mbbl/d (milhões de barris de petróleo por dia), em 2016, com crescimento decenal de 12,6%, e equivalentes a 44 vezes o consumo do Brasil (42 vezes em 2015), a capacidade instalada de refino estava em 97,4 Mbbl/d de petróleo, em dez/2016 (97,2 em 2015) [1].

Esses dados revelam que a perspectiva de produção e consumo são indicadores contraditórios e que se amplificam quando se trata na forma de distribuição em nível mundial, uma vez que as fontes de geração vão se restringindo causando uma dependência global e favorecendo a desigualdade capital entre nações e a consequente crise mundial.

Em dados de relatório Brasil [1], em 2016, a demanda total de energia no mundo foi de 13.729 Mtep (81,6% de combustíveis fósseis), equivalentes a 48 vezes a demanda brasileira, esta com apenas 55,1% de fósseis, dos 13.729 Mtep consumidos no mundo, 32,0% foram de petróleo, 27,5% de carvão mineral, 21,8% de gás natural, 5,0% de energia nuclear, 2,5% de energia hidráulica e 11,2% de outras fontes não especificadas. As fontes renováveis somaram 13,7%, contra o indicador de 43,5% verificado no Brasil.

As estatísticas são amplas para a forma de geração de energia mais atuante no mundo, ainda é de fonte fóssil, mesmo porque as tecnologias atuais são desenvolvidas para a utilização de tais insumos, consumindo muita energia, e mesmo com muitos estudos para diversificar as fontes geradoras, os dados mostram amplamente que a dependência do petróleo e seus derivados ainda são as mais requisitadas e utilizadas.

Se a demanda de geração está na utilização dos derivados do petróleo, mesmo assumido o risco de utilização de uma fonte de geração de energia considerada poluidora, com perspectivas de escassez de oferta para o futuro, se deve aperfeiçoar os sistemas para que possam operar de modo mais eficiente, os sistemas vigentes, considerando que o conhecimento e a forma de operação das máquinas que queimam gasolina, querosene, óleo diesel e outros, são poluentes, mas que o efetivo uso justifica que sejam mais largamente estudados para melhorar seu desempenho e minimização da poluição.

Este trabalho foi elaborado na concepção de demonstrar a estrutura, funcionamento e manutenção de motores a diesel estacionários, discriminando o serviço de geração térmica para a geração de energia elétrica, destacando o princípio de funcionamento dos motores a diesel estacionários, seus componentes, a função de alguns componente, o tipos de queima, ciclo Otto, ciclo diesel, para uma demonstração da funcionalidade mecânica do sistema de operação e geração de energia. A metodologia adotada para a realização do trabalho se baseia nos parâmetros de funcionamento das máquinas geradoras de energia a partir dos sistemas termelétricos. A característica que move a realização do trabalho é trazer para dentro da discussão do meio acadêmico a visão operacional de fontes geradoras de energia utilizadas nos mais variados segmentos. O alcance do trabalho é demonstrar de modo didático a estrutura e modos de operação dos motores a diesel e discutir fatores prós e contra a utilização dessas fontes de geração e discutir no quesito da Engenharia Mecânica os fundamentos e operações com motores atuais e projeções de futuro, impactos econômicos, ambientais e sociais com a utilização das

ferramentas aqui citadas. Uma vez que se mostra uma ferramenta válida para os profissionais da área da engenharia e áreas afins, por se tratar de geradores de energia se faz relevante trazer para o tripé da Universidade a exploração da dinâmica funcional dos motores, permitir os questionamentos e utilizações.

## II. METODOLOGIA

A forma de abordagem para levantar dados neste artigo foi à pesquisa de campo, visto que, o objeto da análise é o motor a diesel estacionários e sua estrutura para a produção de energia elétrica, observando as características de funcionamento e detalhes organizacionais. A pesquisa de campo se configura essencialmente indicada para pesquisas exploratórias e descritivas, como neste artigo que traz uma análise do sistema de funcionamento de motores estacionários para geração de energia [2]. Descrevendo suas potencialidades e pontos de manutenção e indicadores de falhas, a atividade foi desenvolvida em uma empresa do Distrito Industrial de Manaus, aqui será mencionado seu nome com o pseudônimo (WT) para resguardar os direitos da Instituição e salvaguardar a confidencialidade e imparcialidade da pesquisa.

Se a perspectiva é compilar fatores que demonstre a identificação do ferramental sobre o motor, se parte da estruturação do modelo em processo, pois um modelo serve para representar uma realidade, dessa forma representa o processo de desenvolvimento e manutenção de produtos como uma sequência de passos, fases, etapas, requisitos e ferramentas [3]<sup>1</sup>

Como a meta é trazer para o rol da Academia informações técnicas aplicadas em uma realidade de atuação, com o perfil mecânico evidenciado, se preconiza um modelo que passa a ser refletido nas atividades realizadas e detalhadas em relatórios técnicos, descrevendo algumas partes importantes do sistema do motor.

Para que um projeto seja realizado, as organizações podem ser definidas como grupos de pessoas que devem coordenar suas atividades para atingir seus objetivos. A pesquisa de campo se mostra satisfatória neste trabalho, pois permite observar in loco, as propriedades que são prioritárias para a aplicação, descritas em relatórios técnicos das atividades de manutenção e reparos de motores [4].

Quanto á coleta de dados se baseia da seguinte forma. A descrição do instrumental dos motores, e descrição de sua funcionalidade. Para a coleta foi utilizada a atividade de manutenção de 4000 h da máquina 02, em outubro de 2017. O motor encontrava-se parado, com seus sistemas de arrefecimento, óleo lubrificante, óleo combustível, ar de controle e ar de partida isolada. Todos os painéis elétricos encontravam-se isolados, devidamente etiquetados e identificados com seu número de LIBRA. Conforme análise preliminar no supervísório e inspeções em campo de funcionamento de máquina, não conformidades foram observadas: Separadora de óleo lubrificante inoperante; Unidade de controle da viscosidade do combustível de entrada inoperante; Vazamentos de fluidos, sendo estes de óleo combustível e óleo lubrificante, provenientes do Hotbox, extremidade livre e acoplada (flanges com juntas saturadas, oring's, dentre outros).

Dentro dos campos de atuação foram observados os sistemas de: escopo dos serviços de 4.000 h; deflexão do eixo de manivelas a quente; resfriador de ar de carga; resfriador de óleo lubrificante; checagem do mecanismo de controle e conexões do regulador de velocidade e todas as bombas injetoras; verificação quanto a vazamentos das juntas de expansão de gases de exaustão; checagem ajuste e teste do limitador de combustível; revisão geral, inspeção na engrenagem de acionamento da bomba de alta

temperatura de água; revisão geral, inspeção na engrenagem de acionamento da bomba de baixa temperatura de água; revisão de 12000 h do permutador de calor tipo placas; substituição das tubulações de entrada e retorno de óleo combustível; tarefas finais; serviços extras. Dessa maneira algumas das etapas da inspeção serão descritas nas discussões deste trabalho para ilustrar as partes funcionais da máquina.

Como o objetivo do trabalho é demonstrar a aplicação de multitarefas dentro de um sistema controlado para mostrar o sistema de geração de energia elétrica a partir de térmicas, observando partes de seus componentes, estrutura e funcionalidades, além de caracterizar possíveis falhas e ajustes, para permitir mediar condições de discussão sobre a eficiência do sistema.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### III.1 AS TERMELÉTRICAS E A RELAÇÃO NO SISTEMA ELÉTRICO

A forma de funcionalidade dos motores a diesel estacionários é destinada ao acionamento de máquinas estacionárias, tais como Geradores, máquinas de solda, bombas ou outras máquinas que operam em rotação constante [5].

As diversas fontes de geração de energia elétrica existentes, sejam elas renováveis ou não renováveis, reproduz uma condição de debate na sociedade. A termelétrica é a forma de geração de energia mais utilizada no mundo, esse fato se dá por alguns aspectos que são preponderantes para a utilização desse tipo de geração.

No caso do Brasil, apesar da participação de hidrelétricas em capacidade instalada serem de pouco mais de 60%, as fontes térmicas mostra um aporte de 15% do valor, podendo ser maior ou menor em função da disponibilidade do recurso ano a ano. Dessas fontes térmicas entra aquelas que são acionadas por motores. A figura 1 traz um cenário da relação de algumas formas de geração de energia instaladas no Brasil [6].

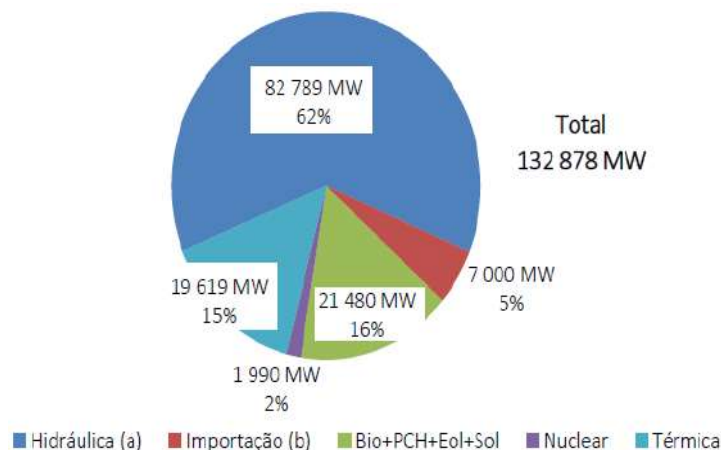


Figura 2- Capacidade Instalada no SIN (sistema Integrado Nacional) em dezembro de 2014. (a) Inclui a parte brasileira da UHE Itaipu (7.000 MW). (b) Importação da parcela Paraguaia da UHE Itaipu.

Fonte: EPE, (2015) [7].

Dessa forma a Termelétrica, que também pode ser chamada de usina térmica, se refere a instalações industriais capazes de gerar energia elétrica a partir da geração de calor, de tal modo que o calor é acionado através da queima de combustíveis fósseis e outras fontes geradoras de calor. Dentro dessa perspectiva de fontes de

calor, aquela que é acionada por motor, os chamados “grupo geradores” que se tornaram muito eficiente como medidas emergenciais, devido à faltas no planejamento das fontes de energia, logo, as fontes geradoras termelétricas, são na sua maioria, sistema emergenciais, que podem ser acionados á medida que outras fontes, menos poluidoras, apresentam insuficiência de atuação.

Quando se trata das fontes utilizadas no mundo, as usinas termelétricas tiveram um aumento de cerca de 70% da geração de eletricidade em todo o mundo. [8] Houve um crescimento significativo nas demandas de geração de energia elétrica a partir das termelétricas, como pode ser visualizado na tabela 1 que mostra também que a importância das hidrelétricas no total da capacidade de geração foi reduzida de 82,2% em 2001 para 70,8% no final de 2009, e as termelétricas, aumentaram em 70% sua participação, passando de 14%, em 2001, para 23,8% em 2009. Consta também que as taxas anuais médias de crescimento das energias que tinham pouca expressão no período pré-crise (térmica, PCH e eólica) foram muito maiores que as hidroelétricas. A média geral de crescimento foi de 4,51% ao ano.

Tabela 1- Comparativo das formas de geração de energia por tipo de empreendimento.

| Tipo de Geradora                          | Participação Por tipo de empreendimento |                   | Taxa média anual de crescimento<br>0 |
|---|---|-------------------|--------------------------------------|
|   | Em 31/12/2001 (%)                       | Em 31/12/2009 (%) |                                      |
| Usina Hidrelétrica de Energia -UHE        | 82,2%                                   | 70,8%             | 2,58%                                |
| Usina Termelétrica de Energia - UTE       | 14%                                     | 23,8%             | 11,67%                               |
| Pequena Central Hidrelétrica - PCH        | 1,1%                                    | 2,8%              | 16,76%                               |
| Central Geradora Hidrelétrica - CGH       | -                                       | 0,2%              | 1,04%                                |
| Usina Termonuclear - UTN                  | 2,6%                                    | 1,9%              | 0,26%                                |
| Central Geradora Eolielétrica - EOL       | 0%                                      | 0,6%              | 52,12%                               |
| Central Geradora Solar Fotovoltaica - SOL | -                                       | -                 | -                                    |
| <b>Total</b>                              | <b>100%</b>                             | <b>100%</b>       | <b>100%</b>                          |

Fonte: Aneel, (2009) [8].

As termelétricas são muito utilizadas nos países desenvolvidos, sendo motivo de debates em conferências internacionais, no que tange aos recursos naturais e o meio ambiente. A forma de acionamento de geradores para produção de energia elétrica se configura uma forma de operação a partir de usinas térmicas (Termelétricas) que são considerados sistemas aptos para atuação em eventualidades adversas, pois tem certa autonomia para operação. Em vista dessa oferta e desprendimento dos sistemas termelétricos não se pode descartar as contribuições que os sistemas são úteis para aplicações em pequena, média ou larga escala.

Para conhecimento do funcionamento e operação do sistema de motores estacionários a diesel, é possível avaliar suas particularidades e compreender seus mecanismos. Os testes foram executados na Empresa WT, para verificar os padrões e inconsistências na máquina 02.

### III.2 CONHECENDO OS MOTORES A DIESEL

De acordo com [5], motores a diesel são máquinas térmicas alternativas, de combustão interna, destinadas ao suprimento de energia mecânica ou força motriz de acionamento. O nome vem de uma homenagem ao Engenheiro Frances Rudolf Diesel, nascido em Paris, por ter desenvolvido o primeiro motor em Augsburg - Alemanha, Entre os anos de 1893 a 1898. Consta na literatura que no dia 17 de fevereiro foi realizado o primeiro teste bem sucedido, em Maschinenfabrik Augsburg.

Dependendo da sua aplicação, são classificados em 4 tipos básicos, que de acordo com [5] podem ser :

- Motores Estacionários: destinados ao acionamento de máquinas estacionárias, tais como Geradores, máquinas de solda, bombas ou outras máquinas que operam em rotação constante;

- Motores Industriais: destinados ao acionamento de máquinas de construção civil, tais como tratores, carregadeiras, guindastes, compressores de ar, máquinas de mineração, veículos de operação fora-de-estrada, acionamento de sistemas hidrostáticos e outras aplicações onde se exijam características especiais específicas do acionador;

- Motores Veiculares: destinados ao acionamento de veículos de transporte em geral, tais como caminhões e ônibus;

- Motores Marítimos: destinados à propulsão de barcos e máquinas de uso naval. Conforme o tipo de serviço e o regime de trabalho da embarcação. Existe uma vasta gama de modelos com características apropriadas, conforme o uso. (Laser, trabalho comercial leve, pesado, médio-contínuo e contínuo)

Quanto às aplicações dos motores a Diesel, é possível pelo tipo de sistema de arrefecimento utilizado fazer a classificação, seja a água, o ar ou pelo número e disposição dos cilindros, devidamente dispostos em linha, quando os cilindros se encontram em linha reta, ou em V, quando os cilindros são dispostos em fileiras oblíquas. Neste trabalho o destaque para o tipo estacionário utilizado como gerador de energia elétrica (grupo geradores).

De acordo com [9], os motores estacionários são utilizados em máquinas fixas para gerar movimento, sendo possível customizar o motor conforme a necessidade do equipamento, criando assim motores especiais personalizados para cada tipo de maquinário, a necessidade de uso e de potência, disponibilizando motores com alta durabilidade, potência e baixo custo de manutenção.

Para [10], o sistema que compõe os motores a diesel é o que difere os variados tipos de motores. Para as características termodinâmicas, as leis que se aplicam são as mesmas, mas dependendo das formas de abordagens e alterações de projeto, promove adequações para cada sistema em particular e os componentes decorrem em características de operação que os tornam adequados para diferentes aplicações.

Os sistemas que constituem os motores a Diesel são discriminados pela forma de operação assim, podem ser classificados em: sistema de admissão de ar; sistema de combustível, incluindo-se os componentes de injeção de óleo diesel; sistema de lubrificação; sistema de arrefecimento; sistema de exaustão ou escapamento dos gases; sistema de partida.

Quanto à estrutura do motor ele é constituído por um mecanismo apropriado capaz de converter movimentos alternativos dos pistões em movimento rotativo do aporte de manivelas, que se transmite energia mecânica aos equipamentos incorporados, como, é o caso de um gerador de corrente alternada, que denominado alternador.

De acordo com [5] o mecanismo que converte o sistema pode se subdividir em componentes principais da seguinte forma:

- Bloco de cilindros: onde se situam o conjunto de cilindros, arrançados pelos pistões com anéis de segmento, camisas, bielas, árvores de manivelas e de comando de válvulas, com seus mancais e buchas. Na maioria dos motores, construído em ferro fundido e usinado para receber a montagem dos componentes. Grandes motores navais tem bloco construído em chapas de aço soldadas e alguns motores de pequeno porte tem bloco de liga de alumínio.

- Cabeçotes: funcionam, essencialmente, como "tampões" para os cilindros e acomodam os mecanismos das válvulas de admissão e escape, bicos injetores e canais de circulação do líquido de arrefecimento. Dependendo do tipo de construção do motor, os cabeçotes podem ser individuais, quando existe um para cada cilindro, ou múltiplos, quando um mesmo cabeçote cobre mais de um cilindro.

- Cárter: é o reservatório do óleo lubrificante utilizado pelo sistema de lubrificação. É construído em ferro fundido, liga de alumínio ou chapa de aço estampada. Em alguns motores o cárter é do tipo estrutural, formando com o bloco uma estrutura rígida que funciona como chassis da máquina, como se vê em alguns tratores agrícolas.

- Seção dianteira: é a parte dianteira do bloco, onde se alojam as engrenagens de distribuição de movimentos para os acessórios externos, tais como bomba d'água, ventilador, alternador de carga das baterias e para sincronismo da bomba de combustível e da árvore de comando de válvulas.

- Seção traseira: onde se encontra o volante e a carcaça, para montagem do equipamento acionado.

Todos os aportes de manutenção preventiva se concentram sobre os princípios do motor. O mecanismo principal só recebe manutenção direta por ocasião das revisões gerais de recondicionamento ou reforma, quando é totalmente desmontado, ou se, eventualmente, necessitar de intervenção para manutenção corretiva, em decorrência de defeito ou acidente. Os componentes internos estão sujeitos a desgastes inevitáveis, porém sua durabilidade e desempenho dependem unicamente dos cuidados que forem dispensados aos sistemas.

A figura 2 mostra um sistema com a descrição das partes do motor, trazendo alguns detalhes em corte, permitindo a visualização dos dispositivos internos e sua devida sinalização. Dessa forma, o conhecimento das partes integrantes do motor facilita as formas de avaliação e correção de falhas que eventualmente venham a acontecer. Para o conhecimento do motor de geração de energia elétrica através de térmica, o princípio de funcionamento dos motores a diesel estacionários é importante a visualização de seus componentes, a função de cada componente, tipos de queima, ciclo Otto, ciclo diesel, são conhecimentos que podem promover uma melhor compreensão do funcionamento desses motores.

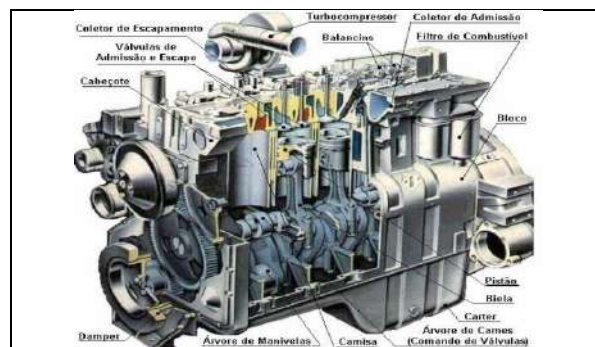


Figura 2 – Demonstrativo de Motor a Diesel com partes vista em corte com a descrição.

Fonte: Pereira, (2019) [5].

### III.3 DIFERENÇA ENTRE O MOTOR DO TIPO OTTO E O MOTOR DO TIPO DIESEL

De acordo com [11], no motor tipo Otto: Uma mistura de ar e combustível é aspirado para dentro do cilindro. Essa mistura é então comprimida adiabaticamente e depois uma centelha elétrica produzida pela vela de ignição desencadeia a queima da mistura. Num motor Otto usual a taxa de compressão pode chegar a 10 para gasolina, pois acima deste valor o aquecimento da mistura antes do final da compressão deflagraria a indesejável autoignição. A pressão de fato se eleva por mais do que 10 vezes durante a compressão, atingindo valores proporcionais a pressão no início do tempo de compressão (pressão inicial ~1 atm). Concomitantemente a temperatura também se eleva, mas a queima somente se inicia com o centelhamento na vela de ignição.

O motor diesel: aspira apenas ar que é então comprimido em taxas superiores a 16 por 1 (superando em algumas máquinas 20 por 1). No final da compressão a pressão é proporcionalmente superior a pressão inicial e a temperatura também é muito mais alta que no final da compressão de uma máquina de ciclo Otto. A injeção do combustível pela bomba injetora para dentro desta névoa de diesel altamente aquecida é seguida de autoignição e expansão dos gases. Motores tipo Diesel não necessariamente funcionam com óleo diesel podendo utilizar outros combustíveis [11].

Dessa forma, as variadas diferenças possíveis são pontos de comparação de ambas máquinas, podendo destacar a condição que motores a diesel aspiram somente ar para dentro do cilindro, diferentemente dos motores Otto que aspiram uma mistura de ar e combustível, operando com taxa de compressão muito maior do que os motores Otto. Nessa comparação é importante ressaltar que nos motores a diesel o combustível é introduzido no cilindro após a compressão.

A partir desse item será abordado algumas das etapas do processo de operação do motor para a demonstração de suas partes para a compreensão da manutenção, funcionamento e mecanismos de acionamento do sistema.

### III.4 DEFLEXÃO DO EIXO DE MANIVELAS A QUENTE

O serviço aconteceu com a remoção da janela de visita do cárter, posicionando o aparelho de deflexão no eixo de manivelas fazendo a devida leitura da deflexão a quente. A figura 3 destaca o procedimento realizado.



Figura 3 - (a) Remoção das tampas do cárter (b) Leitura da deflexão.

Fonte: Autores, (2019).

A maioria dos eixos de máquinas é construída de aço de baixo e médio carbono (AISI : laminados a frio ou a quente). Se uma maior resistência é necessária, aços de baixa liga como o AISI (American Iron and Steel Institute) 4140, 4340 ou 8640 podem ser selecionados, utilizando-se tratamentos térmicos adequados para se obter as propriedades desejadas. No caso de flexão, o eixo é considerado como uma viga e o único fator de complicação para integração da equação da linha elástica é que, em função dos

ressaltos, o momento de inércia também varia ao longo do comprimento do eixo. Se as cargas e momentos variarem ao longo do tempo, se devem utilizar os maiores valores para calcular as deflexões. Dentro da perspectiva de análise não foi encontrada nenhuma anormalidade durante a inspeção no equipamento.

### III.5 RESFRIADOR DE AR DE CARGA

Procedendo com a desmontagem das tubulações de água quente e água fria, do resfriador de ar, inspeção do alojamento do resfriador de ar, montagem do resfriador de ar, limpeza das tubulações de água quente e água fria e a montagem das tubulações deste.. A figura 4 destaca condições do processo de análise do resfriador de ar de carga, cujo objetivo é ajustar o fluxo de ar comprimido através do elemento tubular assim tornar possível para alterar a eficiência do resfriador de ar de carga de modo que o ar comprimido pode ser resfriado a uma temperatura que se aproxima mais ou menos da temperatura do meio de resfriamento [12].

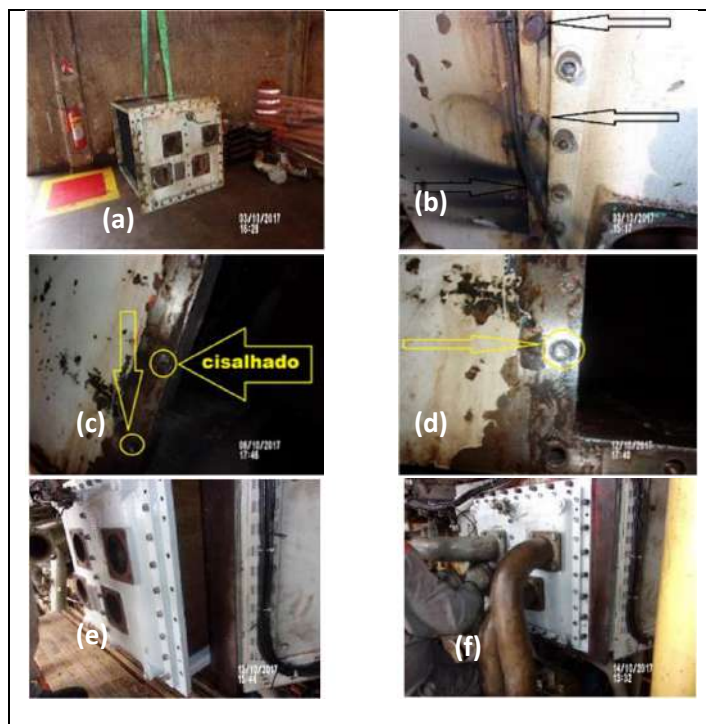


Figura 4 – (a) Remoção do resfriador de ar; (b) Parafuso de fixação do resfriador de ar cisalhado; (c) Parafuso cisalhado; (d) Cerca de 30% de profundidade do furo ovalizado; (e) Instalação e torque do resfriador; (f) Instalação e torque das redes HT e LT.

Fonte: Autores, (2019).

Após inspeção no alojamento do resfriador de ar foi detectados a falta de quatro espaçadores (476 012) e sete parafusos (476 001) cisalhados, os mesmos foram extraídos pela equipe de caldeiraria da REMAN, sendo que 30% da profundidade da rosca de um furo onde foi extraído o parafuso ficou folgada e por não comprometer o torque o resfriador o mesmo foi montado. Há de se destacar que os 07 parafusos (476 001) foram adquiridos no mercado local e instalados no resfriador de ar, e 04 espaçadores (476 012) foram confeccionados na REMAN, para instalação no resfriador de ar. Por não haver em estoque as juntas das tubulações de HT (água quente) e LT (água fria), foram confeccionadas.

### III.6 RESFRIADOR DE ÓLEO LUBRIFICANTE

O procedimento se dá pela desmontagem das tubulações de LT e óleo lubrificante, do resfriador de óleo e a montagem do

resfriador de óleo a limpeza das tubulações de LT e óleo lubrificante, assim como a montagem das tubulações de LT e óleo lubrificante. Com a remoção do resfriador de óleo lubrificante, se verificou que a rede de LT não se mostrou conforme após recuperação (REMAN), após ser corrigida e instalada, foi feita a instalação e torque do resfriador de óleo lubrificante. A figura 5 destaca o sistema do resfriador de óleo para a devida realocação no dispositivo da máquina.

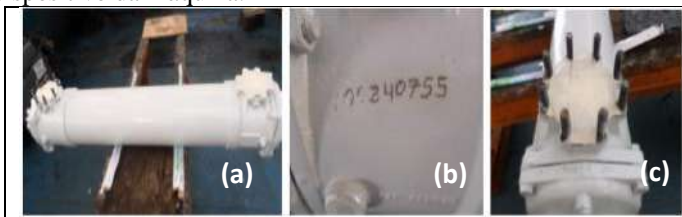


Figura 5 - (a) Resfriador de Óleo. Equipamentos devidamente reconicionados, conforme especificações técnicas, testados e embalados, prontos para aplicação no motor.

Fonte: Autores, (2019).

Como contrapartida do problema encontrado, foi removida uma rede de LT que estava com vazamento de água para recuperação e devido a problemas de dimensionamento após recuperação a mesma teve de ser ajustada e instalada pela equipe de caldeiraria da REMAN. A figura 5 destaca o sistema de resfriador de óleo lubrificante.

### III.7 LIMPEZA DOS FILTROS DE AR DO TURBO COMPRESSOR

Neste processo foi realizada a remoção das carenagens de proteção, das pás de direcionamento de ar, do óleo lubrificante do cárter, a limpeza do cárter, das pás de direcionamento de ar, da esteira, a inspeção do mecanismo de acionamento da esteira, o abastecimento do cárter com óleo lubrificante, a montagem das pás de direcionamento de ar, das carenagens de proteção o teste de funcionamento. Esse processo acontece para verificar a qualidade ambiental para eliminar material que pode causar problemas no funcionamento da máquina.

De acordo com [13] para evitar transtornos e funcionamento inadequado do sistema de injeção do motor diesel, primeiramente devem-se seguir as recomendações do manual do fabricante. Assim, permanece em boas condições de uso, permitindo prolongar a sua vida útil, além de manter a média de consumo de combustível e nível de emissões de poluentes dentro dos padrões estabelecidos e preservar a segurança. A figura 6 mostra etapas do processo de limpeza dos filtros e turbo compressor.

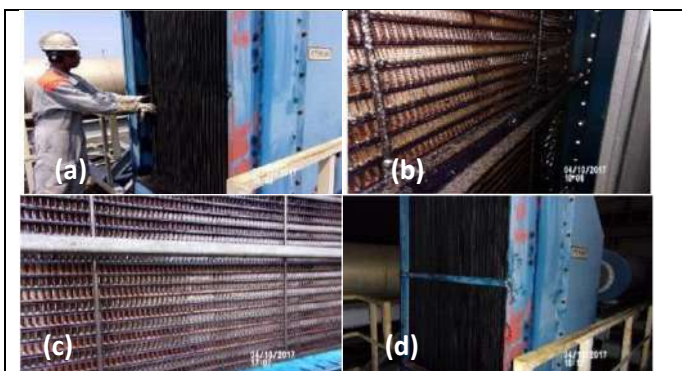


Figura 6 - (a) Desmontagem ; (b) inspeção; (c) limpeza; (d) Montagem.

Fonte: Autores, (2019).

O processo de remoção do óleo lubrificante e limpeza do cárter do filtro de ar foram observados bastante água, e sujeira. Isso demonstrou que o sistema estava operando com sobrecarga de materiais inapropriados.

### III.8 CHECAGEM DOS MECANISMOS DE CONTROLE E CONEXÕES DO REGULADOR DE VELOCIDADE E TODAS AS BOMBAS INJETORAS

Esse processo acontece pela inspeção das conexões (juntas esféricas) do regulador de velocidade, a inspeção das conexões das bombas injetoras, a checagem do mecanismo de controle. Essa ação se dá para observar o sistema de transmissão da máquina. A figura 7 destaca o processo de inspeção do sistema.



Figura 7 - Sistema de inspeção no sistema de bomba injetora.

Fonte: Autores, (2019).

Depois de feita a inspeção foi verificado que a bomba injetora do cilindro 5 encontrava-se com seu rack de acionamento travando. Foi realizado o amaciamento da mesma, regulando seu funcionamento.

### III.9 REVISÃO GERAL, INSPEÇÃO NA ENGRENAGEM DE ACIONAMENTO DA BOMBA DE LT

Para a revisão geral procedeu-se pela desmontagem da bomba de LT, com a revisão da bomba de LT, a montagem da bomba de LT. A figura 8 destaca o processo de revisão geral.

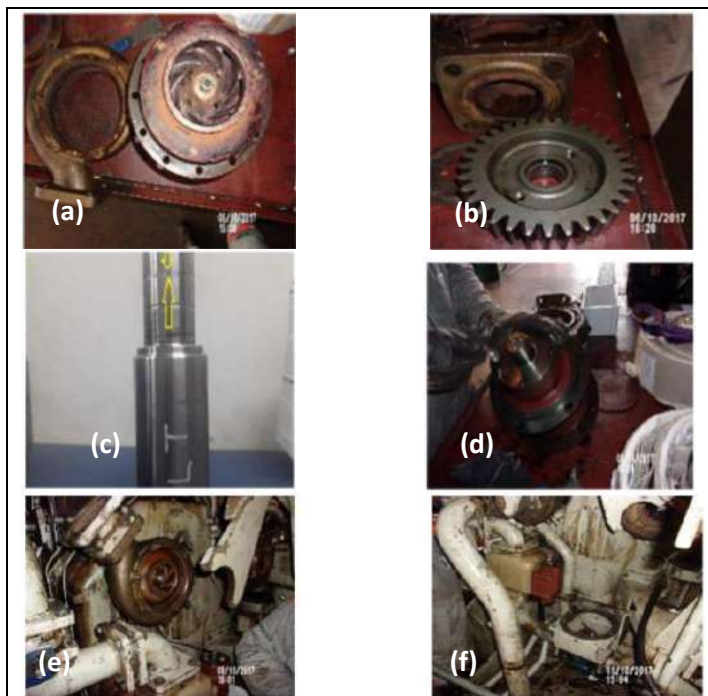


Figura 8 - (a) Desmontagem; (b) Inspeção; (c) Eixo com desgaste na área do retentor; (d) Revisão da bomba; (e) Montagem da bomba; (f) Instalação e torque das tubulações de LT.

Fonte: Autores, (2019).

O eixo da bomba de água fria encontrava-se com desgaste na área de vedação do retentor de óleo lubrificante, conforme descrito no manual do fabricante. Assim, foi informado ao cliente que disponibilizou uma bomba nova com especificações diferentes da utilizada no motor para desmontar e avaliar o eixo, onde foi concluído após inspeção dimensional que o eixo pode ser utilizado na bomba que será instalada no motor. A abraçadeira da tubulação de água fria não foi substituída por não haver em estoque. As juntas das tubulações foram confeccionadas por não haver em estoque.

As inserções diretas no mecanismo do motor e a predição de suas partes componentes e a descrição e correção das falhas encontradas pode significar uma condição preventiva e eficiente para a operação do motor na obtenção e geração de energia elétrica.

Para a prevenção de futuros danos em todo sistema suprido pelo óleo lubrificante (mancais móveis, mancais fixos, eixo de cames, engrenagens, bucha e outros), deve-se adotar um maior controle na substituição dos filtros do sistema de lubrificação e no sistema das separadoras de óleo lubrificante, controlando se a programação das manutenções está sendo corretamente seguida, e que deste modo possamos garantir uma constante operação das mesmas e tenhamos um óleo lubrificante em condições operacionais. Monitorar e controlar o tratamento e as análises de água do motor, mantendo sempre dentro dos níveis recomendados pelo fabricante.

Para se procederem com a manutenção em todos os instrumentos indicadores locais (manômetros, termômetros), sensores (termoresistência, termopares), chaves de proteção (pressostatos, termostatos, chaves de nível) e transmissores (pressão, nível, temperatura, outros) devidamente calibrados. A

figura 9 destaca gráficos de tendência para uma avaliação do estado de funcionamento do motor após manutenção.

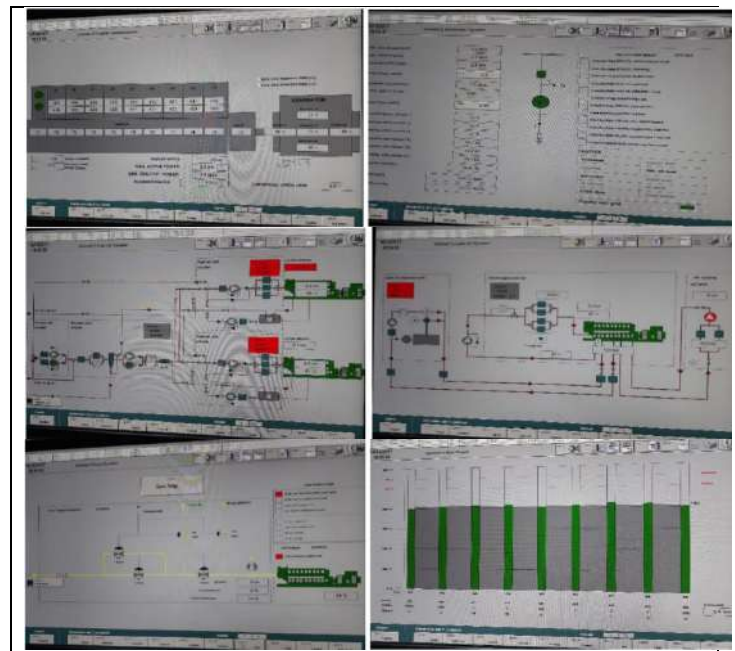


Figura 9 - Demonstrativo de tendências após serviço de supervisão elétrico.

Fonte: Autores, (2019).

Foi realizado o levantamento no supervisão da tela que indica o controle de variáveis do Motor 2 a fim de obter um comparativo dos resultados pós-manutenção, bem como verificar a existência de alguma anormalidade operacional, Segue abaixo os gráficos indicadores das variáveis do sistema, capturados do supervisão WOIS. Não foi encontrada nenhuma anormalidade.

Com pode ser observado todos os setores do sistema de geradores podem ser averiguado e detalhado, para o funcionamento padrão do motor, uma vez que todas as providências são tomadas se tem melhor eficiência em operação e dinamismo eficaz na geração de energia. Um motor funcionando nas devidas condições, levando em conta as especificações do fabricante e com manutenção preventiva, será muito mais rentável, econômica e ambientalmente.

A fundamentação do trabalho aqui apresentado é trazer a utilidade do motor diesel gerador de energia e a combinação de fatores que justificam sua utilização, mesmo sendo considerado um motor poluente, se mostra muito importante para a sociedade atual. Do ponto de vista mecânico os mecanismos que compõe o motor e as particularidades de funcionamento é, em tese, o grande diferencial de funcionamento desse tipo de máquina. Quanto a manutenção e inspeção é uma condição essencial que qualifica a sustentabilidade do motor, sabendo que irá poluir sim, mas um sistema em equilíbrio é mais rentável, seja econômica como ambientalmente.

## IV. CONCLUSÃO

Discutir as condições ambientais de utilização de dispositivos que utilizam fontes poluidoras é um assunto bastante latente na sociedade. Mas não considerar que dispositivos acionados por motores para a geração de energia, seria fugir das realidades que se desencadeiam nos dias atuais. As fontes termelétricas são muito utilizadas e são aptas para situações onde se exige fontes emergenciais, as fontes térmicas acionadas por motores são muito uteis, razão pela qual, empresas do segmento

são gigantes no mercado, produzindo tecnologias, expandindo o mercado e dinamizando o padrão de oferta. A vertente de discussão neste trabalho é a caracterização dos elementos funcionais do motor a diesel estacionário para geração de energia, mostrando que a internalização para a parte funcional da máquina é um instrumento de necessidade de aprendizado, uma vez que motores alinhados e inspecionados produzem melhores subsídios para a geração de energia. A descrição de parte dos componentes de motores, manutenção e inspeção é um fundamento do mercado de profissionais da área da Engenharia Mecânica, trazendo para dentro da comunidade científica, sobretudo para a discussão entre novos engenheiros em formação e o aproveitamento dos saberes dos profissionais que já atuam no mercado, possibilitando uma fusão de saberes e alavancando nova visão para os profissionais que atuam no mercado. Como característica de descrição das partes integrantes dos motores de combustão térmica para geração de energia elétrica, na sua totalidade seria impossível expressar neste trabalho, mas o que se estima com a pesquisa é proporcionar uma validação dos elementos de valor que satisfazem a condição de trazer para o âmbito acadêmico os parâmetros técnicos e para a discussão de tais papéis que pode conduzir a formação de novos saberes. Para a visão de futuro, o custo benefício a cerca da utilização de mecanismos que utilizam materiais de origem fóssil é viável e necessário, pois na Região Norte, sendo muito difícil de interligar por redes de transmissão, a matriz energética da região é ampla com a utilização das termelétricas, por essa razão, o mercado de atuação das usinas dessa corrente ainda serão largamente utilizadas, como dito, nos países desenvolvidos a usina termelétrica é a mais utilizada, pois ela é prática e eficiente em situações emergenciais ou preventivas.

## V. REFERÊNCIAS

[1] Brasil: Balanço Energético Nacional 2017 (ano base 2016). Demais países e regiões: Site IEA Data Services, da IEA (Agência Internacional de Energia) e estatísticas de 2016 da British Petroleum, 2017.

[2] Dane, F. C. Research Methods. Belmont: Brooks/Cole Publishing Company, 1990.

[3] Rozenfeld, H.; Forcellini, F. A.; Amaral, D. C.; Toledo, J. C. D.; Silva, S. L. D.; Alliprandini, D. H.; Scalice, R. K. Gestão do Desenvolvimento de Produtos. Uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

[4] Kerzner H. Project Management: A system approach to planning, scheduling and controlling. 9. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2006.

[5] Pereira, J.C. Princípios De Funcionamento, Instalação, Operação E Manutenção De Grupos Geradores, (2019). Disponível em < [http://www.joseclaudio.eng.br/grupos\\_geradores\\_1](http://www.joseclaudio.eng.br/grupos_geradores_1) > acesso em 15/04/2019.

[6] Tolmasquim, M. T(coord). Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear. – EPE: Rio de Janeiro, 2016.

[7] EPE [Empresa de Pesquisa Energética] Balanço Energético Nacional (BEN) 2016: Ano base 2015, 2016. Disponível em < <https://ben.epe.gov.br> >. Acesso em abril/2019.

[8] Bressan, F. Â. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). A Geração Termoelétrica com a Queima do Bagaço de

Cana-de-Açúcar no Brasil. Análise do Desempenho da Safra (2009/2010), 2011.

[9] Leão Diesel. Motor Estacionário (2019). Disponível em [www.leaodiesel.com.br/motor-estacionario](http://www.leaodiesel.com.br/motor-estacionario) acesso em 18/04/2019.

[10] Tillmann, C. A. C. Motores de combustão interna e seus sistemas – Pelotas : Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia ; Santa Maria : Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria ; Rede e-Tec Brasil, 2013. 165 p. : il. ; 28 cm ISBN 978-85-63573-28-5.

[11] Silveira, F. L. Diferença entre o Motor do Tipo Otto e o Motor do Tipo Diesel. CREF, 2010.

[12] Hagberg, Magnus; PETERSSON, Henrick. Resfriador de ar de carga. PI 0606458-2 A2, Suécia, 2006.

[13] Silva, M. L. S.; Conceição, I. L.; França, W. A.; Lopes, L. A. S. Importância da Manutenção em Motores Diesel .Persp. Online: exatas & eng. Campos dos Goytacazes, 3 (7), 54-61, 2013.



## INDUSTRY 4.0: A THEORETICAL CONTRIBUTION TO THE CURRENT SCENARIO OF TECHNOLOGY IN BRAZIL

Sangela Azevedo da Silva<sup>1</sup>, Renan de Souza Vasconcelos<sup>2</sup>, Paola Souto Campos<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Centro Universitario do Norte – UNINORTE - Laureate Universites, Brasil, Rua Leonardo Malcher, 715. Centro, Manaus/AM.

Email: [sangelaazevedo16@hotmail.com](mailto:sangelaazevedo16@hotmail.com), [renandesouzavasconcelos@yahoo.com.br](mailto:renandesouzavasconcelos@yahoo.com.br), [pscampos@gmail.com](mailto:pscampos@gmail.com)

Received: May 23<sup>th</sup>, 2019

Accepted: May 30<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

Industrial automation brings a new generation to industry development 4.0. A fourth generation of industrial boosters, machines, processes, and people connect as a collaborative community. In Brazilian industries, there is a technology deployment process 4.0, but at what level of development? The purpose of this article is to promote a discussion among authors of various papers on the magnification of industry 4.0 nationally. How is the work methodology, adopting the development of a bibliographical revision, with the use of published, printed and printed books, in order to explore the context and work areas of the industry 4.0. As a result, one analyzes several concepts, exposes the challenges and discusses two industrial forms.

**Keywords:** Industry 4.0; technology; national.

## INDÚSTRIA 4.0: UM APORTE TEÓRICO SOBRE O CENÁRIO ATUAL DA TECNOLOGIA NO BRASIL

### RESUMO

A automação industrial presencia uma nova geração com o desenvolvimento da indústria 4.0. A quarta geração industrial permitirá que sensores, máquinas, processos e pessoas se conectem como uma comunidade colaborativa. Nas indústrias brasileiras, há um processo de implantação da tecnologia 4.0, mas em que nível de desenvolvimento? O objetivo deste artigo é promover uma discussão entre pensamento de vários autores sobre a ampliação da indústria 4.0 a nível nacional. Como metodologia de trabalho, adotou-se o desenvolvimento de uma revisão bibliográfica, baseada em livros, periódicos e impressos diversos, com o intuito de explorar o contexto e cenários criados pela indústria 4.0. Como resultado, tem-se a análise de vários conceitos, expõe-se desafios e discute-se a interação entre a ideia de diversos autores sobre a quarta geração industrial.

**Palavras-chave:** Industria 4.0; tecnologia; nacional.

### I. INTRODUÇÃO

O termo Indústria 4.0 surgiu na Alemanha em meados de 2011, vinda de um projeto do governo que tinha por objetivo afirmar que o uso de tecnologias era um excelente aliado para a revolução das indústrias de todo o mundo [1]. Com a integração das tecnologias existentes e uma integração entre os processos da produção, era possível obter um melhor resultado do que era

conseguido antes, e com isso surgiu os sistemas de produção inteligente. Os resultados obtidos pelas empresas após o uso de tecnologia e integração entre as partes foram muito bem recebidos pelas empresas já que gerou ótimos resultados.

De acordo com [2], as indústrias estão no fim da Terceira Revolução Industrial e caminhando em direção para a Quarta Revolução Industrial. A Figura 1 ilustra a Revolução Industrial no mundo.



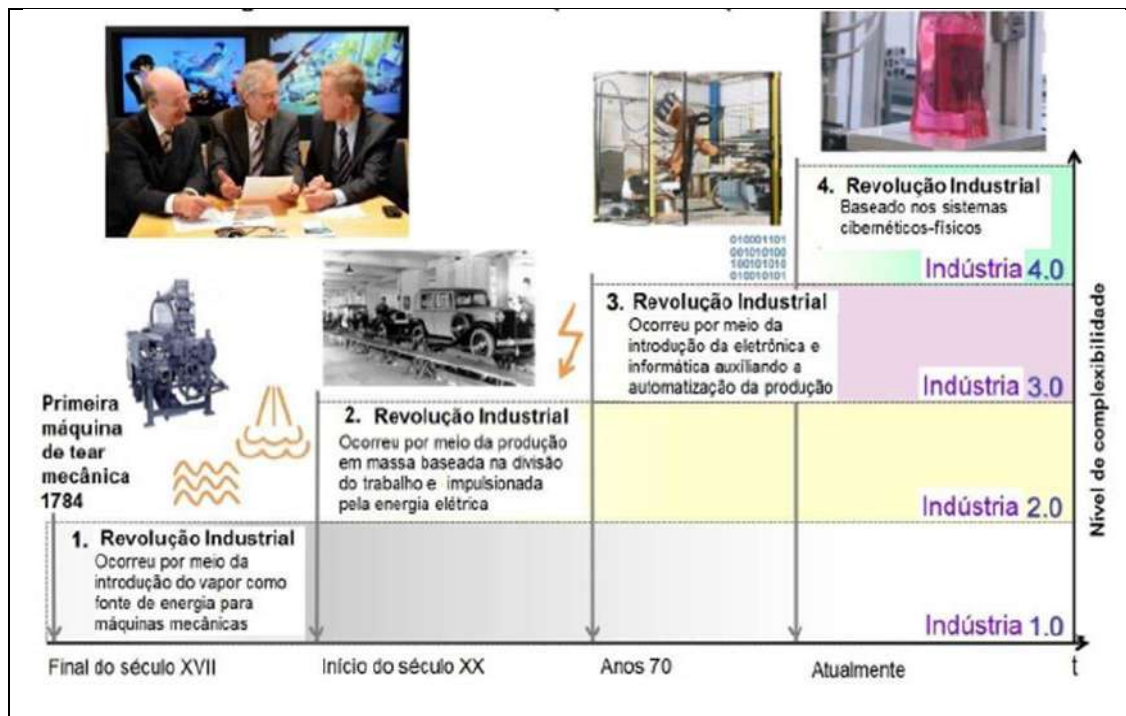


Figura 1. Evolução Industrial.

Fonte: [2].

A Indústria 4.0 representa o conjunto de inovações capazes de alavancar a eficiência das operações de forma consistente, auxiliando as organizações em seus diferenciais de competitividade, no futuro próximo. Ao introduzir sistemas inteligentes que permitam a integração entre equipamentos na manufatura e serviços logísticos, a complexidade operacional será naturalmente reduzida, aumentando a robustez e segurança dos processos, bem como a redução dos custos de não qualidade [3].

Dessa forma, apoiada em seus pilares que são: Internet das Coisas, Sistemas Cyber-Físicos, Big Data, Segurança dos Dados, Realidade Aumentada, Robôs Autônomos, Simulação, Manufatura Aditiva, Nuvem e Integração Horizontal e Vertical de Sistemas, a quarta geração da indústria tem como objetivo conectar, digitalmente, fornecedores, equipamentos e as próprias unidades fabris, criando com isso uma cadeia de valor competitiva e integrada.

Acredita-se que o esse sistema atual, focado em novas tecnologias, funcionará diante da condição de um sistema de produção adequado, que integre a inovação ao atual conceito Lean (produção enxuta). Tal discussão da Indústria 4.0 se dá fundamentalmente nos campos da inovação, mas, sobretudo, o que se refere a produtividade, e a implementação efetiva da tecnologia nas fases do processo produtivo.

Um estudo publicado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) em 2016 listou dez tecnologias digitais às empresas e, ao serem questionadas sobre a utilização, 48% informaram que utilizavam pelo menos uma delas, 15% não utilizavam nenhuma delas e 6% desconheciam o assunto (do total, 25% não responderam à pesquisa).

Diante do exposto, nota-se que há uma forte dificuldade quanto a implementação das tecnologias digitais, o que pode estar diretamente atrelado ao alto custo da implantação, e a falta de estudo de retorno de investimento mais claros para os empresários [4].

No médio e longo prazo, para que a indústria brasileira consiga competitividade será essencial a incorporação dessas novas tecnologias, e assim, melhorar a sua participação no mercado

global. Além de buscar essa incorporação e o desenvolvimento dessa tecnologia, é preciso uma certa agilidade, a fim de evitar que o gap de competitividade do Brasil em relação aos outros países aumente [5].

É sob a análise dos desafios da implantação da indústria 4.0 no Brasil e seus efeitos econômicos, que o objetivo deste trabalho está pautado.

## II. MATERIAIS E MÉTODOS

Atrelado ao objetivo proposto, este artigo tem como natureza, uma abordagem qualitativa, um aprofundamento bibliográfico sobre a Indústria 4.0, as tecnologias desenvolvidas pela Indústria 4.0 e as dificuldades de implantar o conceito de Indústria 4.0 no Brasil e como são utilizadas. Assim como uma análise sobre as dificuldades de implementação deste novo conceito que está começando a aparecer nos novos modelos de gestão dos negócios em termos de ganhos econômicos

Uma revisão de literatura de caráter descritiva sobre este conceito foi realizada para a produção deste artigo. Em relação aos procedimentos técnicos, realizou-se uma pesquisa bibliográfica, ao qual foram buscados referenciais teóricos em livros, artigos, sites, revistas, entre outros. Por ser um tema atual e ainda pouco explorado no mundo acadêmico, há um número baixo de conteúdo que possa preencher uma pesquisa extensa. Assim, foram realizadas consultas de referenciais teóricos de 2005 a 2018.

O procedimento de coleta de dados consistiu no levantamento de artigos relevantes dentro da literatura sobre a Quarta Revolução Industrial.

## III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo [6], a essência da indústria 4.0 está baseada nos sistemas cibernético-físico (CPS) e Internet das Coisas (IoT), que levarão as fábricas a atingirem um novo patamar de produção. O CPS baseia-se na configuração dinâmica da manufatura. O CPS é a nova geração que integra computadores e a natureza física. Onde,

a natureza cibernética é um somatório de algoritmos da lógica das unidades de sensores, e a natureza física é a soma das unidades atuadoras com habilidade de interagir e expandir capacidades do mundo físico usando auxílio computacional, tecnologias da comunicação e controle de mecanismos.

A conectividade das “coisas” é de extrema importância, e necessita estar disponível, para que os benefícios consolidados da indústria 4.0 possam ser usufruídos de forma a trazer retorno no tempo previsto. O Governo Federal criou a Câmara de Gestão M2M em 2014 com o objetivo de acompanhar, subsidiar e promover a comunicação M2M no Brasil e possui nove verticais estratégicas: cidades inteligentes, agronegócio, saúde, educação, produtividade industrial, logística, transporte, energia e outras.

Essas verticais irão promover a discussão pública de questões tributárias, geração de oferta, geração de demanda, regulatório, educação, pesquisa e desenvolvimento, segurança e privacidade das informações, interoperabilidade e arranjos produtivos referentes a IoT.

O conceito básico da internet industrial das coisas (IIoT), para processos de manufatura, é a presença generalizada ao nosso redor de sensores, atuadores, dispositivos de identificação por radiofrequência (RFID), etiquetas, códigos, celulares, tablets, etc. Onde, por meio de endereçamento exclusivo as “coisas” possuem capacidade de interagir e cooperar dentro de uma rede para atingir objetivos em comum [7]. A Figura 2 mostra como a IoT entregará soluções inovadoras.



Figura 2. Exemplo de aplicação da IoT.

Fonte: [7].

De acordo com a divisão de pesquisas e projetos no campo da internet das coisas. “Coisas” são os participantes ativos de negócios, informações pareadas e processos, conectados para interagir e comunicar entre eles e com o ambiente externo por meio da troca de dados e informações. Diferente dos métodos tradicionais de produção, a configuração dinâmica está acima da produção e de processos envolvidos. Pois o dinamismo torna o sistema capaz de alterar o projeto inicial do produto a qualquer momento.

As conexões entre objetos físicos e o mundo virtual, hardwares cada dia mais sofisticados, além da diversificação progressiva de produtos; geram profundos impactos na área de industrial. Pois, marcam o início da mudança de direção para elementos interconectados. Em um ambiente industrial onde estejam presentes a big data e IoT; as máquinas, dispositivos e produtos podem tomar decisões autonomamente e se auto organizarem dentro de uma rede dinâmica [8].

Diante desses conceitos sobre a essência da indústria 4.0 considera-se que a mesma vai além da simples digitalização, uma forma complexa de inovação com base em diversas tecnologias, ao qual, fará as empresas repensarem como gerir seus negócios e

processos, no desenvolvimento de novos produtos e como posicionar no mercado.

Para [9], esse pacote tecnológico a ser implantado pela quarta geração industrial permitirá que as empresas possam revolucionar e aperfeiçoar a gestão do processo produtivo da indústria. O panorama da indústria atual é caracterizado pelo aumento da digitalização, cadeia de valor, modelos de negócios, produção inteligente (Smart Production), processos e produtos.

A indústria 4.0 é um caminho sem volta que garante a competitividade para o futuro. A empresa que não aderir aos seus conceitos, não será capaz de ser competitiva futuramente. Esta tecnologia permitirá tomar decisões extremamente rápidas, assertivas, detectar problemas, evitar falhas e reduzir custos [10].

#### IV. CONCLUSÕES

Através deste trabalho foi possível analisar os conceitos de IoT e CPS, que são exemplos de tecnologias da comunicação e informação da indústria 4.0. Essas tecnologias permitem a conexão de robôs e sistemas que integram a produção, e com isso foi avaliada a importância da mão de obra nas indústrias que irão implementar tal tecnologia.

Foi importante perceber que mesmo a distância de se enxergar a quarta revolução industrial nas indústrias brasileiras, é importante explorar o futuro tecnológico e entender como o mesmo irá afetar a sociedade a partir do momento que revoluciona o processo industrial e agrega ainda mais valor ao produto final.

A tecnologia da indústria 4.0 abre um amplo espaço para o desenvolvimento de melhorias, o que vem dar retorno financeiro as indústrias, e vem com isso fortalecer a economia nacional com redução de energia para se produzir e de manutenção dos equipamentos, tornando o preço do produto ainda mais atraente para o mercado exportador.

Mesmo com um panorama e uma perspectiva baixa de implantação, é necessário entender os conceitos e vantagens da indústria 4.0, pois o Brasil é um país que pode se expor a essas tecnologias, seja pelo aumento da concorrência, seja pelo estabelecimento frequente de parcerias com empresas mais avançadas tecnologicamente.

Automática (ABS) e do Programa de Estabilidade Eletrônica (EPS), e essa melhoria foi resultante da implantação de linhas inteligentes conectadas.

É possível verificar que além da redução de erro humano, a indústria 4.0 pode trazer benefícios financeiros e otimização de recursos quando aumenta a eficiência de todos os processos. A tecnologia está disponível em todos os setores, basta saber identificá-la e usá-la de forma a trazer retorno.

Segundo uma pesquisa da [5], para que seja acelerado o processo de implantação dessas tecnologias no Brasil, o governo deverá focar em investir na infraestrutura digital, promover linhas de financiamento para o mercado e incentivar a educação através de treinamentos, para que seja promovido o conhecimento e estimular os profissionais neste novo cenário de trabalho. Com base nessas considerações acredita-se que há um desencontro entre o esforço das indústrias em se tornarem estruturalmente preparadas para receber a quarta revolução industrial e os programas governamentais de incentivo as universidades e/ou institutos tecnológicos em preparar mão de obra qualificada que agregue valor ao programa.

Consultorias têm estimado os impactos da digitalização na economia e competitividade do país. Segundo a [14], estima que a implementação ligada à Internet das Coisas (Internet of Things) nos mais diversos setores da economia deverão impactar o PIB brasileiro em aproximadamente US\$ 39 bilhões até 2030. Poderá ter um ganho de US\$ 210 bilhões, caso o país crie condições que possam acelerar a implantação das tecnologias relacionadas. Conforme a [15] há uma estimativa de que até 2025 os processos relacionados à Indústria 4.0 reduzirão os custos de manutenção de equipamentos entre 10% e 40%, reduzir o consumo de energia entre 10% e 20% e aumentar a eficiência do trabalho entre 10% e 25%.

No país já se iniciou os primeiros passos da Indústria 4.0, através da criação da Associação Brasileira de Internet Industrial (ABII). Segundo [13] o objetivo inicial é divulgar a Internet Industrial e fortalecer o cenário no país, através da criação de fóruns de discussão do tema, intercâmbio tecnológico e de negócios, visando o desenvolvimento econômico e a criação de empregos no país.

Diante do exposto acima, tem-se que a indústria 4.0 levará as fábricas a atingirem um novo estilo de produção: mais competitivo, dinâmico e confiável. Conseqüentemente, o produto terá um menor custo de fabricação e tornará a empresa mais competitiva e economicamente estável frente ao mercado internacional.

Os autores citados mostram grandes ganhos econômicos e as vantagens da tecnologia 4.0, assim como a estabilidade que a tecnologia traz ao processo produtivo.

Porém, no Brasil, as dificuldades de implantação da indústria 4.0 recaem em dificuldades crônicas, que o governo junto as instituições tecnológicas não conseguem solucionar de forma rápida, a acompanhar a evolução das indústrias nos países de primeiro mundo.

## V. REFERÊNCIAS

[1] Brettel, M.; Friederichsen, N.; Keller, M.; Rosenberg, M. *How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective*. International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering, v. 8, n.1, p. 37-44, 2014. Disponível em: <<http://waset.org/publications/9997144>>. Acesso em: 09/03/2018.

[2] Kagermann H.; et al. *Securing the future of German manufacturing industry: recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0: final report of the industrie 4.0 working group*. Acatech. Alemanha, 2013.

[3] Nascimento, L. O. *Fatores que influenciam a flexibilidade da produção de veículos comerciais*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Guaratinguetá, 2016.

[4] Muniz Jr., J. *Panorama Geral da Organização Industrial*, Univesp. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SBwg56ha8lk> Acesso em 20/11/2018.

[5] Confederação Nacional Da Indústria. *Indústria 4.0: novo desafio para as empresas brasileiras*. 2016. Disponível em: <[http://www.portaldaindustria.com.br/relacoesdotrabalho/media/publicacao/chamadas/SondEspecial\\_Industria4.0\\_Abril2016.pdf](http://www.portaldaindustria.com.br/relacoesdotrabalho/media/publicacao/chamadas/SondEspecial_Industria4.0_Abril2016.pdf)> . Acesso em: 09/11/2018

[6] Cheng, Guo-Jian et al. *Industry 4.0 Development and Application of Intelligent Manufacturing*. 2016 International Conference on Information System and Artificial Intelligence (ISAI), Hong Kong, p.407-410, jun. 2016. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISAI.2016.0092>. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7816745>>. Acesso em: 24 out. 2018

[7] Atzori, Luigi; IERA, Antonio; Morabito, Giacomo. *The Internet of Things: A survey*. Computer Networks, [s.l.], v. 54, n. 15, p.2787-2805, out. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S138912861001568>>. Acesso em: 05 set. 2018.

[8] Bosch Software Innovations GMBH. *Rule-based analysis of production data – manufacturing experts at the heart of Industry 4.0*. 2017. Disponível em: <<https://www.bosch-si.com/manufacturing/insights/downloads/rule-based-analysis.html>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

[9] Gaia, P. *A quarta revolução industrial e as tendências tecnológicas no segmento de equipamentos, máquinas e acessórios industriais*. O Papel: revista mensal de tecnologia em celulose e papel, v. 77, n. 5, p. 21-25, 2016. Disponível

em:<https://www.celuloseonline.com.br/47807-2/> >. Acesso em: 19/03/2018.

[10] Volkswagen Do Brasil, 2017, p. 4

[11] Griesinger, D. Pesquisa revela perfil da indústria 4.0 no Brasil. Disponível em: <<http://agenciabrasil.abc.com.br/pesquisa-e-inovacao/noticia/2016-5/pesquisa-revela-perfil-da-industria-40-no-brasil>>. Acessado em 17/11/2017.

[12] World Economic Forum. The Global Competitiveness Report 2017-2018. Disponível em: <<https://www.weforum.org/reports/the-globalcompetitiveness-report-2017-2018>>. Acessado em: 05/10/2018.

[13] Heidrich, F.; Facó, J. F. B.; Reis, C. F. B. O impacto competitivo na indústria brasileira com a aplicação dos conceitos competitivos da Indústria 4.0. Anais do SIMPOI 2017, São Paulo, 2017. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/318403016\\_O\\_IMPACTO\\_COMPETITIVO\\_NA\\_INDUSTRIA\\_BRASILEIRA\\_COM\\_A\\_APLICACAO\\_DOS\\_CONCEITOS\\_DA\\_INDUSTRIA\\_40](https://www.researchgate.net/publication/318403016_O_IMPACTO_COMPETITIVO_NA_INDUSTRIA_BRASILEIRA_COM_A_APLICACAO_DOS_CONCEITOS_DA_INDUSTRIA_40)>. Acesso em: 29/08/2018.

[14] Accenture Strategy. *The growth game-changer: how the industrial internet of things can drive progress and prosperity*. 2015. Disponível em: <[https://www.accenture.com/\\_acnmedia/Accenture/ConversionAssets/DotCom/Documents/Global/PDF/Dualpub\\_18/Accenture-ExecutiveSummary-Growth-Game-Changer-Industrial-Internet.pdf#zoom=50](https://www.accenture.com/_acnmedia/Accenture/ConversionAssets/DotCom/Documents/Global/PDF/Dualpub_18/Accenture-ExecutiveSummary-Growth-Game-Changer-Industrial-Internet.pdf#zoom=50)>. Acesso em: 09/03/2018.

[15] McKinsey Digital. Industry 4.0: how to navigate digitization of the manufacturing sector. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/industry-four-point-o-howto-navigae-the-digitization-of-the-manufacturing-sector>>. Acessado em 15/10/2017.

## A PROPOSAL TO USE THE TAGUI FRAMEWORK AS AN RPA TOOL

Mauro Henrique da Silva Wencelewski<sup>1</sup>, Priscila Reis Soares da Paixão<sup>2</sup>, Manoel Henrique Reis Nascimento<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fundação Centro de Análise Pesquisa e Inovação Tecnológica (FUCAPI) - Av. Gov. Danilo de Matos Areosa, 381 - Distrito Industrial, Manaus - AM.

Email: [mauro.wencelewski@gmail.com](mailto:mauro.wencelewski@gmail.com), [priscila.wencelewski@gmail.com](mailto:priscila.wencelewski@gmail.com), [hreys@bol.com](mailto:hreys@bol.com)

Received: June 03<sup>th</sup>, 2019

Accepted: June 06<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

The automation of processes is an increasingly common reality today, the "digital" employee is increasingly present in companies of various segments. The purpose of this paper is to contextualize the Robotic Process Automation technology as well as to present an open-source framework called TagUI as a tool option. In a way that enables and democratizes the use of technology in other market segments or even by private users. As a prototype and case study we performed automation of a process that fits in the feasibility prerequisites for automation. Finally, we draw a parallel between the benefits expected to be achieved with the use of RPA and those achieved after the deployment of the developed robot.

**Keywords:** Robotic Process Automation, RPA, Process Automation.

## UMA PROPOSTA DE USO DO FRAMEWORK TAGUI COMO FERRAMENTA DE RPA

### RESUMO

A automação de processos é uma realidade cada vez mais comum atualmente, o funcionário "digital" está cada vez mais presente em empresas de diversos segmentos. A proposta desse trabalho é contextualizar a tecnologia de *Robotic Process Automation (RPA)*, assim como apresentar um *framework open-source* chamado TagUI como uma opção de ferramenta. De forma viabilizando e democratizando o uso da tecnologia em outros segmentos de mercado ou ainda por usuários particulares. Como protótipo e estudo de caso foi realizada automação de um processo que se encaixa nos pré-requisitos de viabilidade para automação. Por fim, traçando um paralelo entre os benefícios que esperam ser alcançados com o uso de RPA e os alcançados após a implantação do robô desenvolvido.

**Keywords:** Robotic Process Automation, TagUI, Automação de Processos.

### I. INTRODUÇÃO

De acordo com um estudo conduzido pela [1], a maior parte das grandes corporações existentes hoje, usam milhares de planilhas e bancos de dados Access para monitorar e coordenar seus trabalhos.

E alguns Setores de Tecnologia da Informação (TI) dedicam algo entre 30%-70% dos seus esforços e orçamentos para manter seus sistemas legados [2].

O motivo geralmente é a falta de métodos de integração para conectar sistemas existentes forçam os usuários de negócio a criarem suas próprias soluções alternativas.

Similarmente a robotização das linhas de produção na década de 90, corporações estão iniciando a jornada de transformação robótica/revolução digital [3]. Essa revolução está tomando grandes proporções porque os usuários/clientes querem operar digitalmente. O motivo é que eles gostariam de utilizar tecnologias iterativas, aplicativos móveis, mídias sociais, texto, conversas online e etc. As pessoas estão acostumadas a usar

tecnologias sofisticadas nas suas vidas pessoais, e agora, esperam utilizar esse mesmo tipo de tecnologia nas suas vidas profissionais [4].

Com a evolução das tecnologias como inteligência artificial, visão computacional, *chat bots* e ferramentas de automação de software, foi um caminho quase que natural a busca de grandes corporações por alternativas a integração tradicional de sistemas e automação de tarefas operacionais.

*Robotic Process Automation (RPA)* pode ser a conexão entre sistemas legados antiquados no *back office* e sistemas de interação com cliente no *front office*, servindo como fundação para automação inteligente de processos digitais no *toolkit* dos futuros empregos [4].

De acordo com [5] as empresas estão começando a empregar RPA junto com tecnologias cognitivas como reconhecimento de fala, processamento de linguagem natural e aprendizado de máquina para automatizar uma parte das atividades onde eram necessários julgamentos humanos. Essa integração está levando RPA a um novo patamar na área de automação de processos, e como resultado, ajudando empresas a se tornarem mais ágeis e eficientes.

Nesse contexto, é possível afirmar que o mercado é dominado por ferramentas comerciais e de código fechado. Assim como, em todas é necessário aquisição de algum tipo de licença comercial, que em geral tem um custo de alguns milhares de dólares por robô.

Dessa forma, existe um *gap* no mercado, para pequenos e médios negócios. Ou ainda para uso pessoal, restando a usuários domésticos utilizarem licenças acadêmicas e as pequenas empresas procurar as próprias soluções alternativas.

A proposta desse trabalho, é demonstrar uma possível solução a esses casos com o uso de uma ferramenta *open-source*, em um caso de uso de automação de um processo pequeno.

## II. REFERENCIAL TEÓRICO

### II. 1 ROBOTIC PROCESS AUTOMATION

*Robotic Process Automation (RPA)* é um software configurado para simular ações humanas com base em regras pré-estabelecidas. Definido por [6] como uma instância de software pré-configurada que usa regras de negócios e coreografia de atividade predefinida para concluir execução autônoma de uma combinação de processos, atividades, transações e tarefas em um ou mais sistemas não relacionados para fornecer um resultado ou serviço com exceções gerenciadas por humanos.

De acordo com [7], para processos de negócio RPA é mais comumente referenciado com um software que realiza atividades que anteriormente eram executadas por humanos. Como por exemplo, transferir dados de múltiplas interfaces de entrada, como e-mails e planilhas para sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) e sistemas CRM (*Customer Relationship Management*). Outra definição encontrada é de acordo com [5], é que RPA é a combinação de inteligência artificial e automação, dessa forma permitindo aos funcionários de uma empresa configurar um software ou um “robô” para decidir, coletar e extrair conhecimento, assim como, reconhecer padrões, aprender e se adaptar a novas situações ou ambientes.

Embora o termo robô denote visões de máquinas eletromecânicas que executam tarefas humanas, o termo no que se refere à automação de serviços refere-se a algo menos ameaçador: um software que executa as tarefas repetitivas e monótonas, anteriormente realizada por seres humanos, para que os seres humanos possam se concentrar em tarefas com informações mais desestruturadas e interessantes [8].

Nós podemos usar robôs para amplificar e melhorar qualidades humanas, permitindo grandes ganhos econômicos e trabalhos mais satisfatórios [8].

RPA possui características únicas, que o diferencia de outros paradigmas de automação existentes na automação de processos de negócio, reengenharia de processos ou gerenciamento de sistemas de processos. Primeiramente, robôs RPA realizam as tarefas da mesma forma que um usuário realizam, através da camada de apresentação [6].

Ainda de acordo com [6] robôs RPA podem ser comparados macros de Excel que automatizam tarefas específicas. A principal diferença entre RPA e “macros” é que RPA pode ser gravado para ser utilizado com qualquer aplicação instalada no computador ou servidor.

Para entender melhor, a definição de RPA, é interessante contextualizar a história da evolução da tecnologia. De acordo com [9] após a década de 90 começaram a surgir desenvolvimento de tecnologias que precederam o RPA.

### *Screen Scraping*

Essa tecnologia surgiu antes do desenvolvimento da internet, onde foi a primeira tecnologia criar uma ponte entre antigos sistemas legados e sistemas modernos, mais recentemente vem sendo utilizada para extrair informações da *web* na camada de apresentação [9]. Mas, no entanto, ainda de acordo com [9], mesmo com todos os benefícios trazidos por essa tecnologia sob o trabalho manual, ainda é uma tecnologia limitada, pois a compatibilidade do *software* com sistemas existentes e com o HTML de aplicações *web* traz uma dificuldade que um usuário de negócio comum não consegue compreender.

### **Automação e Gerenciamento de Fluxo de Trabalho**

Enquanto o termo *Workflow Automation* remete a década de 1920, onde durante a era industrial e o surgimento da manufatura a automação de processos de software, pode por exemplo, ajudar o processamento de pedidos de compra, capturando determinados campos, como informações do cliente, total da compra e itens comprados, depois convertendo-os e inserindo-os no banco de dados da empresa e notificando o funcionário responsável [9]. É um tipo de ferramenta que elimina trabalhos manuais e repetitivos.

### **Inteligência Artificial**

O termo “inteligência artificial” foi originalmente cunhado em 1956 numa conferência em *Dartmouth College*. Inteligência Artificial (IA) é a habilidade de sistemas computacionais realizarem tarefas que normalmente iriam requerer intervenção e raciocínio humano [9]. Apesar de ser uma tecnologia que ainda é cara, as vantagens que podem ser obtidas com seu uso incluem o aumento na assertividade em execução de tarefas e substituição em tarefas tediosas, demoradas e manuais.

### *Machine Learning*

Como descrito por [10], *Machine Learning (ML)* se refere a habilidade de um sistema computacional de melhorar sua performance ao se expor a dados sem a necessidade de seguir regras programadas explicitamente. No seu centro, ML é o processo de descoberta automática de padrões em dados. Uma vez descoberto, o padrão pode ser usado para realizar previsões. As aplicações para essa tecnologia são amplas, e com potencial de melhorar performance em qualquer atividade que lide com grandes quantidades de dados.

O uso de IA e *Machine Learning (ML)*, permite que o RPA realize tarefas de maneira muito mais robusta. Por exemplo,

o robô deve continuar funcionando quando uma interface web de alguma aplicação for modificada. O uso de IA/ML ajuda a identificar mudanças na interface, portanto, sendo bem diferente da tradicional *screen scraping* [11].

De acordo com [9] o surgimento do termo RPA vem do início dos anos 2000. RPA é uma tecnologia em evolução, mas que se baseia em conceitos de tecnologias citadas anteriormente, e eleva essas mesmas tecnologias a um novo patamar. Mesmo sendo dependente de tecnologias como *Screen Scraping*, as ferramentas de RPA permitem aos usuários criarem suas automações e seus fluxos de processos usando funcionalidades *drag and drop* de forma visual que as torna independente que conhecimento de linguagens de programação.

A tecnologia de RPA não é parte da infraestrutura de TI de uma companhia, mas ao invés, fica sob a mesma. Isso permite que as companhias implementem a tecnologia rapidamente e de maneira eficiente sem alterar a infraestrutura e sistemas já existentes. Outra visão sobre a tecnologia de RPA é considerar que não foi desenvolvida para ser uma aplicação de negócio, mas sim um intermediário para o operador humano atuar nas aplicações de negócios [12].

Então, pode se afirmar que RPA é um “robô” de software que executa tarefas repetitivas e baseadas em regras pré-definidas, atuando em um ou múltiplos sistemas, através da camada de apresentação, ou seja, a camada que o usuário utiliza para realizar essas tarefas manualmente.

### Áreas de Aplicação

O uso de robôs está ficando cada vez mais comum no mercado atual. Ao longo dos anos, é uma tecnologia muito presente em *call centers* e operações bancárias de *back-office*. Como pode ser visto na Figura 1, o uso de RPA é mais indicado para substituir humanos em processos do tipo *Swivel-Chair* (Cadeira Giratória) [13]. Ou seja, processos onde o mesmo tipo de informação é inserido pelo usuário em sistemas diferentes.



Figura 1 - Processos Swivel Chair.  
Fonte: [10].

Como por exemplo citado por [13], um especialista de RH responsável por fazer a admissão de novos funcionários em uma grande companhia. Esse processo geralmente pode envolver realizar *logins* e *logoff* em vários sistemas para configurar os benefícios, folha de pagamento, e-mail, caixa postal, liberações de segurança, espaço no escritório, móveis de escritório, computador, vaga de estacionamento, prestação de despesas, crachá de identificação e cartões de visita no padrão da companhia. Multiplique esse processo por milhares de funcionários admitidos por ano. Nesse caso, um RPA pode ser configurado para realizar tudo isso que um especialista de RH realizava, mas utilizando suas próprias credenciais no sistema.

Dessa forma, os robôs são desenvolvidos para serem consistentes com a Governança de TI e requisitos de segurança, arquitetura e infraestrutura, sendo rapidamente implantados, reutilizados e escalados [13].

Outras áreas de aplicação, de acordo com [7] são entrada de clientes, funcionários e fornecedores, geração de relatórios, processamento de folha de pagamento, monitoramento de preços e cotações, sistemas CRM, processamento de pedidos de compras, agendamento de entregas e rastreamento de pedidos. Idealmente, existem algumas características de processos que podem ser automatizados obtendo o máximo da tecnologia. São processos em geral com:

- Grandes volumes de dados estruturados (Planilhas, bases de dados e sistemas)
- Tarefas repetitivas e com regras bem definidas.
- Estáveis
- Alto Valor
- Alto Risco

De acordo com [14] processos com grandes volumes de dados são ideais pelo tempo de processamento manual dessas informações. Enquanto processos de alto valor são ideais porque criam uma melhor experiência para o cliente e tem alto retorno para companhia. E por último, processos de alto risco são processos que podem colocar a empresa em problemas por conta de atrasos ou informações inseridas de forma incorreta em algum lugar.

### Tipos de Automação

Existem duas formas de se implantar uma automação RPA: a automação assistida, representada pela Figura 2, onde o robô automatiza aplicações que estão executando no computador do funcionário. Ou automação não-assistida, representada pela Figura 3, onde o robô é instalado em diversos computadores sem a intervenção humana.

- **Assistida**



Figura 2 - Automação Assistida.  
Fonte: [4].

Segundo [4] esse tipo de automação começou como uma ferramenta para melhorar a produtividade de *call centers*, onde agentes iriam acionar uma série de passos automatizados através de diversas aplicações instaladas em seus computadores. Esse tipo de abordagem reduziu drasticamente o tempo de processamento, resultou em economia e melhorou a experiência do consumidor. Dessa forma, processos longos e complexos foram substituídos por simples cliques, mas um ponto de atenção desse tipo de abordagem é muito suscetível a mudanças de configurações do ambiente, como por exemplo Placas de vídeos, resoluções ou configurações de vídeo diferentes.

Automação assistida atualmente, é conhecida como *Robotic Desktop Automation* (RDA) e é usada para auxiliar na produtividade [4].

- **Não-Assistida**



Figura 3 - Automação Não Assistida.  
Fonte: [4].

Esse tipo de automação não requer um funcionário operando o computador. O processo de início, execução e finalização pode ser automatizado e facilitado através de *dashboards* que fornecem uma “sala de controle” para alocar os robôs em máquinas, ajustar prioridades de execução e pilhas e intervir na performance de um robô específico (se necessário) [4].

Mas ainda de acordo com [4] uma desvantagem significativa do uso de automação não assistida, é o fato que o robô requer dados digitalizados e estruturados, com regras bem definidas.

Em casos, onde esses pré-requisitos não podem ser atendidos dividir o processo entre execução humana e processos automatizados pode ser a melhor opção para o uso de automação não assistida [4].

Fora desse contexto, esse tipo de robô pode funcionar 24/7, somente necessitando da intervenção humana se encontrar alguma exceção não tratada.

### Benefícios

Ao implantar um sistema RPA existem inúmeros benefícios que podem ser alcançados como descritos na Figura 4:

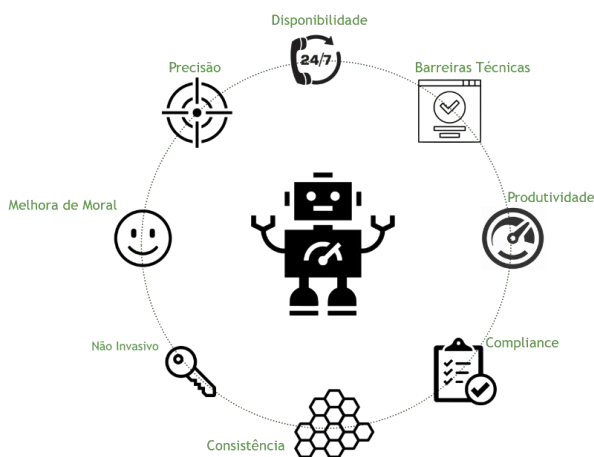


Figura 4 - Benefícios de RPA.  
Fonte: Autores, (2019).

Dentre os principais benefícios do uso de RPA podemos citar os seguintes:

- Disponibilidade
  - Os “robôs” trabalham 24h por dia e 7 dias por semana de forma ininterrupta.
- Precisão

- Por serem baseados em regras estruturadas são muito menos suscetíveis a erros.

- Melhorar de Moral

- Sem a necessidade de realizar tarefas repetitivas e monótonas os funcionários tem mais tempo a se dedicar a tarefas mais intelectuais.

- Não Invasivo

- Por atuar na camada de apresentação, e ser uma tecnologia não invasiva, a tecnologia não precisa de integração com os sistemas já existentes na corporação.

- Consistência

- Atividades são executadas do mesmo jeito todas vezes, por serem baseadas em regras.

- Auditoria

- Robôs seguem as normas de auditoria a risca e todos possuem histórico auditáveis.

- Produtividade

- Os processos são executados muito mais rapidamente do que quando feito manualmente.

- Barreiras Técnicas

- Não necessárias habilidades de programação para criar ou configurar um robô.

## II. 2 TagUI

TagUI é uma CLI (*Command-line tool*) para automação de processos (RPA) [15]. Originalmente a ferramenta foi criada por Ken Kosh, especialista em RPA, mas hoje é mantida pela *AI Singapore*, uma iniciativa governamental de Singapura, criada para estimular a criação habilidades locais de inteligência artificial [15].

O objetivo da ferramenta é reproduzir iterações cognitivas que você possui com websites ou com seu desktop, para que assim o computador possa realiza-las por você, baseada em agendamentos e condições [15].

Ao compararmos a ferramenta com as comerciais do mercado, de acordo com a documentação de [15] podemos listar as seguintes vantagens e desvantagens:

### Vantagens

- É *cross-plataform*, ou seja, pode rodar no Windows, macOS ou Linux
- Usuários tem acesso ao código fonte, dessa forma maior segurança
- Disponibilizada sobe licença de uso Open Source Apache 2.0
- Baixa curva de aprendizado, desenvolvimento e deploy rápido
- Fácil adequação a políticas de TI, simplesmente descompactar e usar
- Integração nativa com Python e R para AI/ML/DL
- Integração com API cognitivas Azure/Amazon

### Desvantagens

- Falta de auditoria empresarial, controle, *dashboard* e relatórios
- Falta de SLA ou time de suporte 24/7
- Time de desenvolvimento pequeno
- Baixa adesão de usuários / desenvolvedores ao longo dos anos
- Falta de consultorias / parceiros para distribuição

### Neutro

- Scripts são escritos em linguagem natural (21 idiomas) e não utiliza fluxogramas



- Uso de Javascript para desenvolvimento avançado ao invés de C# / VB

- Automação Desktop baseada em computação visual e OCR

### Funcionamento do TagUI

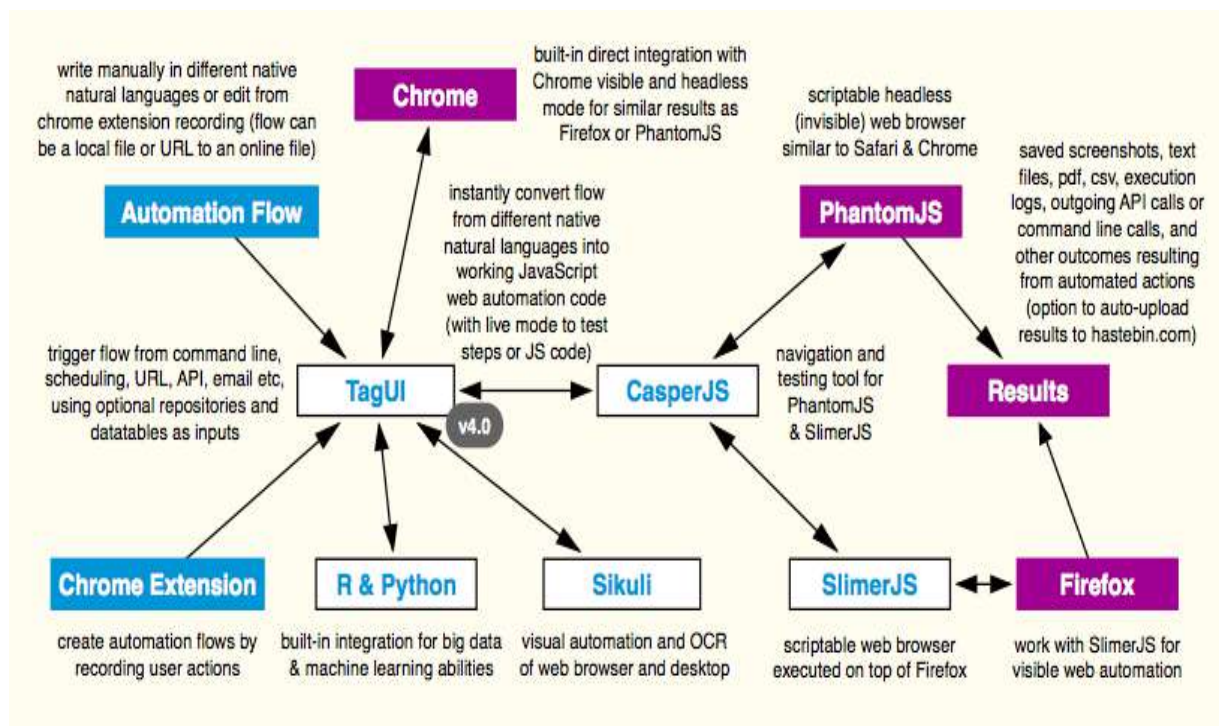


Figura 5 - Arquitetura TagUI.

Fonte: [15].

O processo de automação, que pode ser analisado na Figura 5, acontece da seguinte forma, primeiramente, é necessário criar um script de automação que pode ser criado manualmente ou utilizando a extensão do Chrome.

Após o script criado, existem dois caminhos, se a automação for web ela será convertida da linguagem natural para um Javascript que será utilizado pelo CasperJS, que no processo natural utiliza o PhantomJS para rodar um *headless web browser* para realizar as ações necessárias. Caso seja passado explicitamente, o CasperJS irá utilizar o SlimerJS que é um *browser* que permite automação baseado no Firefox.

Em ambos os browsers existe a possibilidade de execução *headless* que implica que o processo é feito em *background* ou execução normal, onde é possível ver a automação.

Mais detalhes sobre as funcionalidades podem ser encontrados no fluxo da imagem [15].

- **Automation Flow**

É possível desenvolver os scripts manualmente em linguagens naturais, ou gravar os passos com uma extensão do *Chrome* e editá-lo. O fluxo de automação pode ser local ou passando uma URL para automação online.

- **Chrome Extension**

Permite criar automaticamente scripts de automação, com base nas suas ações em uma página web.

- **R & Python**

Integração para execução de *scripts* para *big data* e *machine learning*.

- **Sikuli**

Automação visual e OCR no browser e no desktop

- **CasperJS**

Ferramenta para teste e automação baseada em JavaScript para ser utilizada com *PhantomJS* e *SlimerJS*.

- **PhantomJS**

*Headless Browser* que permite executar scripts, similar ao Safari e Chrome.

- **SlimerJS**

*Headless Browser* que permite executar scripts, compatível com Firefox.

### III. SOLUÇÃO PROPOSTA

O cenário utilizado como caso de uso de automação é o processo de envio de orçamentos e propostas comerciais de uma empresa de porte médio.

A ideia é ser uma solução de baixo custo e open source. Por esse motivo foi escolhido uma Raspberry Pi para hospedar a aplicação. Mesmo a Raspberry Pi oferecendo uma performance menor que um computador, como será utilizada apenas para essa finalidade, se mostrou o melhor custo benefício.

O processo de automação pode ser descrito com ajuda do fluxo encontrado na Figura 6:

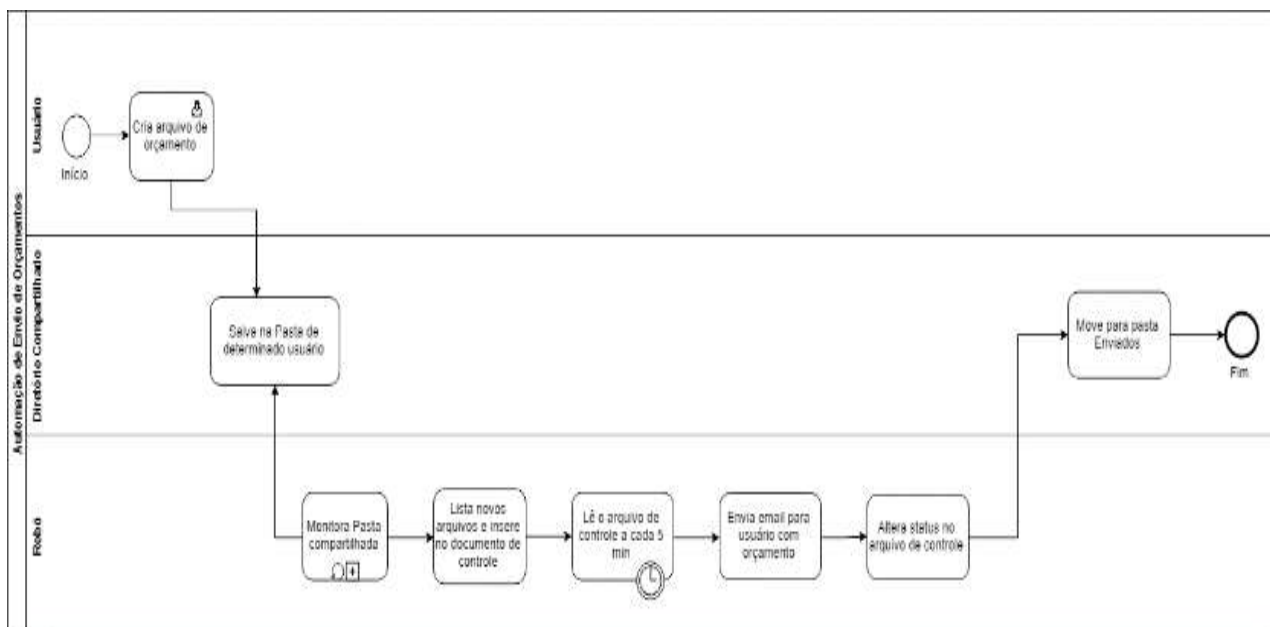


Figura 6 - Fluxograma Robô.

Fonte: Autores, (2019).

Onde o usuário cola o arquivo em um diretório, cujo nome é o endereço de e-mail do destinatário. Em paralelo, em uma Raspberry Pi, um script monitora a pasta compartilhada por modificações, no momento em que uma modificação é detectada, se inicia o *workflow* de automação, seguindo as seguintes etapas:

1. O *script* extrai o nome e caminho completo dos novos arquivos e insere em um arquivo CSV de controle.
2. A cada 5 minutos, o *script* criado utilizando o framework RPA TagUI é executado, onde ele itera linha a linha no arquivo CSV checando a coluna “status” do mesmo.
3. Quando o status for igual a “novo” o robô abre o cliente de e-mail e envia ao destinatário.
4. Em seguida altera a coluna “status” do arquivo CSV para “Processado”
5. O último passo é mover o arquivo dentro da pasta compartilhada para uma pasta com nome de “Enviado”.

Por ser um *framework* novo, não existem funções para interagir com arquivos do sistema. Mas ainda assim, por permitir a chamada de scripts Python ou comandos do sistema é possível criar um *workflow* de automação.

O *script* descrito no passo 1, foi criado utilizando Python 3.7 e uma biblioteca *Watchdog* que permite monitorar modificações em um determinado diretório.

Assim como iterações nos arquivos CSV também foram feitas utilizando-se de comandos em Python. Mas o processo de automação da camada de usuário, no caso, do envio de e-mails é utilizando o framework TagUI com sua funcionalidade de visão computacional, com uso da biblioteca *Sikulix* para automatizar por imagem.

Para o desenvolvimento do *script* de automação com TagUI é utilizada uma linguagem desenvolvida pelo próprio framework, que deriva uma linguagem natural, como pode ser observado na Figura 7.

```

1 http://webmail.pascopaineis.com.br/
2 wait
3 loginRobo = 'robo@pascopaineis.com.br'
4 senhaRobo = 'Rpa@2019'
5 destEmail = 'maurohenrique849@gmail.com'
6 subjEmail = '[RPA] Email de teste'
7 textEmail = 'Esse é um email automatico enviado pelo PascoBot'
8
9 // Code
10
11 type user as 'loginRobo'
12 click pass
13 type pass as 'senhaRobo'
14 click login_submit
15
16 //Visual automation
17 wait
18 click PascoWebmail/CriarEmail.png
19 hover PascoWebmail/to.png
20 echo mouse_xy()
21 x = mouse_x() + 200
22 y = mouse_y()
23 click ('x', 'y')
24 keyboard 'destEmail'
25
26 hover PascoWebmail/subject.png
27 echo mouse_xy()
28 x = mouse_x() + 200
29 y = mouse_y()
30 click ('x', 'y')
31 keyboard 'subjEmail'

```

Figura 7 - Código Fonte Automação.

Fonte: Autores, (2019).

Em seguida, esse código é convertido para javascript, como pode ser visto na Figura 8, onde utiliza as bibliotecas CasperJS e Sikulix para realizar as automações necessárias.

```

1 /* OUTPUT CASPERJS SCRIPT FOR TAGUI FRAMEWORK - TEBEL.ORG */
2
3 var casper = require('casper').create();
4 // TagUI web automation browser settings
5 // verbose style to support tester module
6
7 // set default flow language
8 var tagui_language = 'english';
9
10 // set time in ms before error out
11 casper.options.waitForTimeout = 10000;
12 casper.options.logLevel = 'debug';
13
14 // set web browser display size
15 casper.options.viewportSize = {
16   width: 1366,
17   height: 768
18 };
19
20 // settings for PhantomJS mode
21 casper.options.pageSettings = {
22   loadImages: true,
23   loadPlugins: true,
24   webSecurityEnabled: true,
25   ignoreSslErrors: false,
26   localToRemoteUrlAccessEnabled: false
27 };
28
29 // xpath for object identification
30 var xps666 = require('casper').selectXPath;
31

```

Figura 8 - Código convertido Javascript.

Fonte: Autores, (2019).

Após o fim da execução do robô, fica disponível um arquivo de log (Figura 9), onde é possível verificar cada passo da execução.

```

1 |
2 | START - automation started - Sat Apr 28 2019 23:48:16 GMT-0300 (-03)
3 | http://webmail.pascopaineis.com.br/ - Webmail Entrar
4 |
5 | wait
6 | type user as robo@pascopaineis.com.br
7 | click pass
8 | type pass as Rpa@2019
9 | click login_submit
10 | wait
11 | click /home/mauro/Downloads/TagUI-V5/tagui/src/samples/gmail/PascoWebmail/C
12 | hover /home/mauro/Downloads/TagUI-V5/tagui/src/samples/gmail/PascoWebmail/t
13 | (333,322)
14 | click (533,322)
15 | keyboard maurohenrique0409@gmail.com
16 | hover /home/mauro/Downloads/TagUI-V5/tagui/src/samples/gmail/PascoWebmail/s
17 | (348,378)
18 | click (540,378)
19 | keyboard [RPA] Email de Teste
20 | click /home/mauro/Downloads/TagUI-V5/tagui/src/samples/gmail/PascoWebmail/a
21 |
22 | http://webmail.pascopaineis.com.br/cpsess9272635114/webmail/paper_lantern/
23 | FINISH - automation finished - 42.7s
24 |
25 |

```

Figura 9 - Log de Execução.

Fonte: Autores, (2019).

#### IV. RESULTADOS

Para realizar uma análise de resultado do projeto, foi traçada uma comparação se os benefícios de um projeto RPA foram atingidos.

- Disponibilidade
  - O robô pode executar as tarefas 24h por dia e 7 dias por semana, bastando apenas ter arquivos a serem processados.
- Precisão
  - O processo é executado de acordo com as regras pré-estabelecidas no código.
- Melhora da Moral
  - Os funcionários responsáveis por essa atividade, podem agora focar em atividades mais intelectuais e dinâmicas, como o atendimento aos clientes.
- Não Invasivo
  - Toda a automação é feita ou em background ou através da interface gráfica do sistema, dessa forma não precisando de nenhuma integração customizada em aplicações já existentes.
- Consistência
  - O robô executa o processo, da forma como foi programada todas as vezes.
- Auditoria
  - Nesse ponto, a ferramenta não é ideal, pois gera apenas um arquivo de log. Mas não contém proteção de credenciais e nem uma interface mais dinâmica.
- Produtividade
  - Por ser necessário o uso de automação por visão computacional, a execução do processo foi comprometida, em média levando o mesmo tempo que uma pessoa leva para executar, mas algumas vezes travando por não encontrar elementos na tela.
- Barreira Técnica
  - Pelo fato, de possuir apenas uma interface de comando, não permitir criação de fluxogramas e nenhum código gráfico. A barreira técnica é alta, necessitando alguém com conhecimentos de desenvolvimento para criar ou realizar a manutenção do robô.

Mesmo não atendendo a todos os benefícios de uma ferramenta de RPA. Por ser um framework em evolução existe grande potencial para que em alguns anos o TagUi se torne amplamente utilizado.

#### VI. CONCLUSÃO

O mundo corporativo está passando por uma mudança atualmente, onde as empresas precisam otimizar ao máximo as suas operações. Dentro desse contexto, existem diversas tecnologias que estão desempenhando papéis dentro da chamada “transformação digital”, o RPA desempenha um papel muito importante auxiliando as empresas a automatizarem tarefas dentro da sua estrutura. Importante destacar que o RPA possui aplicações diferentes através dos vários segmentos de indústria existentes, mas que geralmente são processos que obedecem algumas características, como por exemplo, alto volume de dados, informações estruturadas e que demandam muito tempo para execução manual. Sendo assim, existem diversos fabricantes no mercado oferecendo ferramentas que permitem a criação de robôs que podem automatizar tarefas repetitivas e tediosas, dessa forma liberando os funcionários para atividades mais desafiadoras e de cunho mais intelectual. Mas é onde encontramos o *gap* existente, atualmente, a maior parte das ferramentas são proprietárias, de código fechado e dependem de licenciamento de software, que geralmente custam algumas dezenas de milhares de dólares. Dessa forma, o framework *TagUi* vem como uma alternativa gratuita para desenvolvimento de RPA. Em resultados práticos é possível desenvolver uma automação de tarefas utilizando a ferramenta, onde todos os benefícios tradicionais de uma ferramenta RPA foram alcançados, com exceção do quesito de barreira técnica, pois ainda existe um pré-requisito de conhecimento em linguagens de programação, e a falta de uma interface gráfica que não permite afirmar que ele pode ser comparado a alguma das ferramentas do mercado proprietário. Mesmo assim, por ser um framework novo e em constante evolução, o mesmo está utilizando-se de todas as tecnologias recentes de mercado, como visão computacional e inteligência artificial, sendo possível afirmar que para fins de simples automações é uma ferramenta muito aplicável.

#### V. REFERÊNCIAS

- [1] Fersht, Phil. Slaby, James R. Robotic Automation Emerges As A Treat To Tradicional Low-Cost Outsourcing. 2012. Disponível em: <[https://www.horsesforsources.com/wp-content/uploads/2016/06/RS-1210\\_Robotic-automation-emerges-as-a-threat-060516.pdf](https://www.horsesforsources.com/wp-content/uploads/2016/06/RS-1210_Robotic-automation-emerges-as-a-threat-060516.pdf)>. Acessado em: 01/03/2019.
- [2] Wilcocks, Leslie. Mary, Lacity. Craig, Andrew. The IT Function and Robotic Process Automation. The Outsourcing Unit Working Research Paper Series [online]. 2015. [data da consulta, 27 de maio de 2019]. Disponível em: <[http://eprints.lse.ac.uk/64519/1/OUWRPS\\_15\\_05\\_published.pdf](http://eprints.lse.ac.uk/64519/1/OUWRPS_15_05_published.pdf)>
- [3] Capgemini Consulting. Robotic process automation (RPA): The next revolution of Corporate Functions. 2016. Disponível em: <<https://www.uipath.com/solutions/whitepapers/capgemini-next-revolution>>. Acessado em: 30/04/2019.
- [4] Brain, David. Fersht, Phil. The RPA Bible: Advanced Topics. 2017. Disponível em: <<http://info.symphonyhq.com/hubfs/RPABible.pdf>>. Acessado em: 01/02/2019
- [5] Schatsky, David. Muraskin, Craig. Iyengar, Kaunshik. Robotic Process Automation: A path to the cognitive enterprise. Deloitte University Press. 2016. Disponível em <<https://www.uipath.com/solutions/whitepapers/a-path-to-the-cognitive-enterprise>>. Consultado em: 01/04/2019.

[6] C. Moffitt, Kevin. Rozario, Andrea. Vasarhelyi, Miklos. Robotic Process Automation for Auditing. Journal of Emerging Technologies in Accounting [online]. 15. 2018. [data da consulta, 22 de maio de 2019]. Disponível em: <<https://aaajournals.org/doi/pdf/10.2308/jeta-10589>>

[7] Madakan, Somayya. Holmukhe, Rajesh M., Jaiswal, Durgesh Kumar. The Future Digital Work Force: Robotic process Automation (RPA). Journal of Information Systems and Technology Management [online]. 16. 2019. [data de consulta, 01 de maio de 2019]. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jistm/v16/1807-1775-jistm-16-e201916001.pdf>>

[8] Lacity, Mary C. Willcocks, Leslie P. A new approach to automating services. MIT Sloan Management Review. 2016. [data da consulta, 25 de maio de 2019]. Disponível em: <<http://eprints.lse.ac.uk/68135/>>

[9] Ostdick, Nick. The Evolution of Robotic Process Automation (RPA): Past, Present and Future. 2016. Disponível em: <<https://www.uipath.com/blog/the-evolution-of-rpa-past-present-and-future>>. Acessado em: 28/04/2019

[10] Laurent, Patrick. Chollet, Tribault. Herzberg Elsa. Intelligent Automation Entering The Business World. Deloitte Inside Magazine [online]. 2015. 8. [data da consulta, 26 de maio de 2019]. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/lu/Documents/operations/lu-intelligent-automation-business-world.pdf>>

[11] van der Aalst, Wil M. P. Bichler, Martin. Heinzl, Armin. Robotic Process Automation. Business & Information Systems Engineering[online]. 2018. 60. [data da consulta, 27 de maio de 2019]. Disponível em: <<https://aisel.aisnet.org/bise/vol60/iss4/1>>

[12] IRPA. Introduction To Robotic Process Automation: A Primer. Institute For Robotic Process Automation. 2015. [data da consulta, 22 de maio de 2019]. Disponível em: <<https://irpai.com/wp-content/uploads/2015/05/Robotic-Process-Automation-June2015.pdf>>.

[13] Lacity, Mary. Willcocks, Leslie. Robotic Process Automation: The Next Transformation Lever for Shared Services. The Outsourcing Unit Working Research Paper Series [online]. 2016. [data da consulta 21 de maio de 2019]. Disponível em: <<http://www.umsl.edu/~lacitym/OUWP1601.pdf>>

[14] Schmidt, Daniel. 10 RPA Use Cases for IT, HR, Finance & Accounting and more. 2018. Disponível em: <<https://www.kofax.com/Blog/2018/november/10-rpa-use-cases-for-it-hr-finance-accounting-and-more>>. Acessado em: 04/05/2019.

[15] TagUi. Readme. 2019. Disponível em: <<https://github.com/kelaberetiv/TagUI/blob/master/README.md>> Acessado em: 01/03/2019.



## DEVELOPMENT OF AN AUTOMATION SYSTEM, INTEGRATING A VIRTUAL ASSISTANT AND IoT DEVICES

Priscila Reis Soares da Paixão<sup>1</sup>, Mauro Henrique da Silva Wencelewski<sup>2</sup>, Manoel Henrique Reis Nascimento<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fundação Centro de Análise Pesquisa e Inovação Tecnológica (FUCAPI) - Av. Gov. Danilo de Matos Areosa, 381 - Distrito Industrial, Manaus - AM.

Email: [priscila.wencelewski@gmail.com](mailto:priscila.wencelewski@gmail.com), [mauro.wencelewski@gmail.com](mailto:mauro.wencelewski@gmail.com), [hreys@bol.com](mailto:hreys@bol.com)

Received: June 03<sup>th</sup>, 2019

Accepted: June 06<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

The Internet of Things (IoT) is rapidly evolving along with network peripherals that contain embedded communication technology. In this way, it is increasingly common to find in homes devices connected to each other or to external systems. The next step in this evolution is the devices that allow interaction by voice commands, virtual assistants are already a reality in almost all the smartphones of the big manufacturers in the market. But in the residential market is still growing, even if there are several models of large manufacturers, it is still possible to develop customized solutions, using low cost devices, libraries and APIs free to build a custom version customized to their needs. The purpose of this work is to demonstrate the development of a low-cost solution using a Raspberry Pi to develop the residential assistant and the ESP8266 controller to control peripherals, being activated by voice command.

**Keywords:** Virtual Assistant, Internet of Things, Raspberry.

## DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO, INTEGRANDO UMA ASSISTENTE VIRTUAL E DISPOSITIVOS IoT.

### RESUMO

A Internet das Coisas (IoT) está evoluindo rapidamente, como também, junto com a rede periféricos que contém tecnologia de comunicação embarcada. Dessa forma, esta cada vez mais comum encontrarmos em residências dispositivos conectados entre si ou com sistemas externos. O próximo passo dessa evolução são os dispositivos que permitem interação por comandos de voz, as assistentes virtuais já são uma realidade em quase todos os smartphones dos grandes fabricantes do mercado. Mas no mercado residencial ainda está em crescimento, mesmo existindo diversos modelos de grandes fabricantes, ainda é possível o desenvolvimento de soluções customizadas, utilizando dispositivos de baixo custo, bibliotecas e APIs gratuitas para construir uma versão personalizada e customizada as suas necessidades. A proposta desse trabalho, é demonstrar o desenvolvimento de uma solução de baixo custo, utilizando-se de uma Raspberry Pi para desenvolver a assistente residencial e um controlador ESP8266 para controle dos periféricos, sendo acionado por comando de voz.

**Keywords:** Assistente Virtual, Internet das Coisas, Raspberry.

## I. INTRODUÇÃO

O uso de dispositivos inteligentes no dia-a-dia aumenta qualidade de vida e melhora a produtividade. Isso levou a um aumento da busca por benefícios como conforto, controle centralizado de equipamentos, redução de custo, consumo de energia e segurança que são basicamente os propulsores do crescimento das tecnologias de automação em residências e indústrias [1].

Até alguns anos atrás, os dispositivos eram limitados a interação com usuário apenas via toque, texto ou controle remoto. Mas desde o lançamento de softwares como *Google Home* e *Amazon Echo*, a tecnologia de reconhecimento de voz rapidamente está mudando a forma como interagimos com dispositivos [2].

A Internet das Coisas (IoT) está evoluindo rapidamente junto com rede periféricos que contém tecnologia de comunicação embarcada. Analistas preveem que o mercado mundial de IoT irá atingir US\$ 1.7 trilhões até 2020 com crescimento de mercado de 16.9%. [3]

A interconectividade de praticamente todos os equipamentos é possível através da internet, mídias sociais e comunicação máquina a máquina [1].

Ainda de acordo com [3], é previsto que dos 25% das residências utilizando assistentes virtuais terão um ou mais dispositivos conectados.

Isso significa uma evolução natural dos dispositivos eletrônicos domésticos que eram limitados a serem controlados por toque, texto ou controle remoto serão controlados por voz.

Dessa forma, existe um grande mercado de automação residencial envolvendo dispositivos IoT e assistentes virtuais a ser explorado. De acordo com [3] no mundo IoT existe um grande encorajamento a cultura DIY (*do it yourself*) o que significa que os usuários podem customizar dispositivos e aplicações de acordo com as suas necessidades.

A proposta desse trabalho, é demonstrar o desenvolvimento de uma solução de baixo custo, utilizando-se de uma Raspberry Pi para desenvolver a assistente residencial e um controlador ESP8266 para controle dos periféricos, sendo acionado por comando de voz.

## II. REFERENCIAL TEÓRICO

### II.1 CHATBOTS

De acordo com [4], chatbots ou robôs de conversação podem ser definidos como softwares (ou até, algumas vezes, hardwares) que são capazes de responder a mensagens de texto ou voz. Esses programas tentam simular de um ser humano, portanto, agindo como uma interface de linguagem natural para provedores de dados e serviços. Eles podem ser programados para responderem de formas diferentes, dependendo da existência de certas palavras chaves, ou eles podem ser mais sofisticados e aplicarem técnicas de *machine learning* para basear suas respostas, baseando-se em palavras incluídas nas solicitações.

Chatbots com inteligência artificial podem ser utilizados em diferentes cenários, como sistemas bancários, atendimento a clientes e Educação [5].

Os chatbots surgiram como uma nova forma de interagir com serviços web e *smart devices*, fornecendo interfaces de diálogo que são ostensivamente mais intuitivas e naturais que as tradicionais [6].

### II.2 ASSISTENTES VIRTUAIS

Segundo [7], a invenção das assistentes virtuais foi um importante evento na história da computação. Elas são úteis para ajudar usuários de sistemas computacionais a automatizar tarefas e cumpri-las com o mínimo de esforço e interferência humana.

Assistentes virtuais podem ser úteis para uma série de tarefas, como tomar notas, previsões do tempo, tocar música, realizar pesquisas na internet e mais recentemente, integrações com outros periféricos nas residências.

De acordo com [8], as assistentes de virtuais controladas por voz estão substituindo a interação tradicional entre humanos e computadores, redefinindo a forma como acessamos a internet, dados e aplicativos. Facilitando a vida dos usuários, vendo que os usuários não necessitam digitar nenhum comando ou ter nenhum tipo de interação especial com os dispositivos, percebendo o conceito de computação ubíqua, e assim criando uma experiência mais próxima da interação com um ser humano.

O funcionamento de uma assistente virtual pode ser descrito com auxílio do diagrama abaixo (Figura 1).

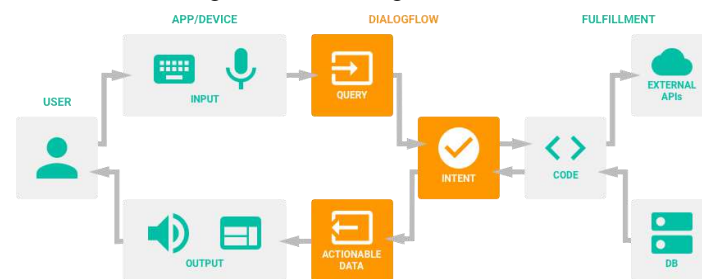


Figura 1 - Arquitetura Assistente Virtual.

Fonte: [10].

O usuário faz uma requisição (comando) para um dispositivo ou aplicativo, essa requisição é interpretada por uma *Application Programming Interface* (API) de *Natural Language Processing* (NLP) podendo ou não chamar serviços externos, em seguida, retornar os dados para serem expostos ao usuário de forma de áudio ou informações numa interface.

### II.3 DIALOGFLOW

De acordo com [9], Dialogflow é um conjunto de ferramentas de desenvolvimento para criar interfaces conversacionais para sites, aplicativos móveis, plataformas populares de mensagens e dispositivos IoT, com capacidade de desenvolvimento de ponta a ponta e implantação simplificada.

Essa API utiliza algoritmos de *Machine Learning* para processar os possíveis caminhos de conversação e roda totalmente na infraestrutura cloud do Google.

A estrutura de diálogo pode ser dividida da seguinte forma:

- **Agentes**

São os módulos de Entendimento de Linguagem Natural, que podem ser incluídos em aplicações, websites, produtos ou serviços e traduzir texto ou comandos de voz e ações reais.

- **Intenções**

São uma funcionalidade que permite que você crie intenções no seu agente para mapear entradas (comandos) a respostas. São definidos exemplos de comandos do usuário que podem ativar cada uma das intenções, que informações extrair e como responder ao usuário.

Os quatro principais componentes que permite mapearmos do que usuário disse ao que o agente responde:

- **Nome da Intenção**

É o nome utilizado para o fulfillment e identifica a respectiva intenção disponibilizada pelo usuário.

- **Frases de Treinamento**

São os exemplos de frases que o usuário pode falar para acionar uma intenção específica. DialogFlow automaticamente expande a quantidade expressões possíveis.

- **Ações e Parâmetros**

Define o quão importante são as informações (parâmetros) extraídos de iterações do usuário. Podem ser datas, horários, nomes, lugares e etc. Essas informações podem ser usadas como entrada em outras lógicas.

- **Resposta**

A expressão que é falada ou exibida de volta ao usuário.

- **Entidades**

São um recurso utilizado para extrair dados importantes através das entradas de linguagem natural. Existem entidades padrões e entidades que podem ser configuradas durante o desenvolvimento.

- **Fulfillment**

É o código que é implantado como um webhook que permite que seu agente Dialogflow chame a lógica de negócios com base em intenção por intenção. Durante uma conversa, o preenchimento permite usar as informações extraídas pelo processamento de linguagem natural do Dialogflow para gerar respostas dinâmicas ou acionar ações no seu back-end.

## II.4 SMART HOME

O conceito de *Smart Home* (Casa Inteligente) pode definido, de acordo com [10], como uma combinação de vários subsistemas de tecnologias avançadas relacionados com vida residencial, ou seja, utilizando tecnologias computacionais, de exibição de imagem e comunicações para conectar vários ambientes para obter um sistema com controle e gerenciamento conveniente.

O maior objetivo é fornecer aos usuários um ambiente eficiente, confortável, seguro, conveniente e amigável. Integrando dessa forma, sistemas, serviços e gerenciamento.

Ainda de acordo com [10], a implantação tradicional de uma *Smart Home* geralmente envolve o controle e comunicação dos ambientes através do cabeamento físico, o que ocasiona uma dificuldade em relação ao cabeamento, ao custo alto de instalação e a escalabilidade do sistema é baixa. Mas os sistemas de *Smart Home* baseados em tecnologias de sensores sem fio, pode além de, eliminar o problema do cabeamento, reduzir custo de instalação, aumentar a escalabilidade do sistema.

## II.5 RASPBERRY PI

Raspberry Pi (Figura 2) é um computador do tamanho de um cartão de crédito desenvolvida e fabricada no Reino Unido com a intenção inicial de proporcionar um dispositivo computacional barato para educação [11].



Figura 2 - Raspberry Pi 3 A+  
Fonte: [11].

A história desse minicomputador inicia-se nos laboratórios de computação da universidade da Cambridge em 2006. O nascimento da Raspberry Pi Foundation se deu com a união de quatro cientistas da computação que estavam preocupados com os estudantes de ciência da computação deficientes em aspectos técnicos da computação.

Durante os próximos seis anos, esses cientistas trabalharam para desenvolver um hardware barato e acessível que ia ajudar escolas a ensinarem conceitos de computação e programação.

Desde 2012, quando a primeira Raspberry Pi foi lançada, as placas sofreram uma grande quantidade de revisões e geralmente foram disponibilizadas em duas vertentes de modelos, A e B.

## II.6 ESP8266

É um microcontrolador fabricado pela empresa chinesa Espressif, de baixo custo e que inclui como uma das suas principais características a capacidade de conexão WiFi.

O Espressif ESP8266 entrega uma solução de um System-On-Chip (SoC) com WiFi para atender a demanda de usuários por conectividade, eficiência energética, compacto e alta confiabilidade para o mercado de Internet das Coisas [12].

As especificações técnicas são as seguintes:

- Suporte a rede 802.11 b/g/n
- Suporte a rede 802.11n (2.4Ghz) até 72Mbps
- Desfragmentação
- 2 x Interface Wi-Fi virtual

Devido ao fato de Espressif fabricar somente o microcontrolador, para melhor realizar uma interface com o ambiente, foi escolhida uma plataforma de desenvolvimento baseada no mesmo, chamada NodeMCU, como pode ser vista na Figura 3.



Figura 3 – NodeMCU.  
Fonte: [14].

De acordo com NodeMCU, a plataforma é composta por um firmware e kit de desenvolvimento que permite ao usuário desenvolver protótipos rápidos de produtos IoT com algumas linhas de scripts LUA. No nosso caso não iremos utilizar o Firmware e bibliotecas do NodeMCU, somente a plataforma de desenvolvimento (Hardware).

## II.7 MQTT

MQTT significa Message Queuing Telemetry Transport. É um protocolo de mensagens extremamente simples e leve de publicação / assinatura, projetado para dispositivos restritos e redes de baixa largura de banda, alta latência ou não confiáveis. Os

princípios de design são minimizar a largura de banda da rede e os requisitos de recursos do dispositivo, ao mesmo tempo em que tentam garantir a confiabilidade e um certo grau de garantia de entrega. Esses princípios também tornam o protocolo ideal para o emergente mundo de dispositivos conectados “máquina a máquina” (M2M) ou “Internet das Coisas” de dispositivos conectados, e para aplicações móveis onde a largura de banda e a bateria são preciosas [13].

A internet das coisas possibilita a habilidade de conectar um grande número de dispositivos através da internet. Esses dispositivos possuem identificadores únicos, o IoT (Internet das Coisas) cria um ambiente inteligente por conectar esses dispositivos e equipá-los com a habilidade de recolher e trocar dados [14].

Como parte da arquitetura do protocolo, toda implementação é dividida em *Broker* e *Client*, onde o broker é o servidor responsável por armazenar e orquestrar o envio de mensagens aos *clients*.

### Mosquito Broker

De acordo com [15], Mosquitto é uma implementação de servidor e cliente compatível com padrões do protocolo de mensagem MQTT. Que é um modelo de publicação/assinatura, tem baixa sobrecarga de rede e pode ser implementado em dispositivos de baixa potência, tais microcontroladores que podem ser usados em sensores remotos da Internet das Coisas.

## III. SOLUÇÃO PROPOSTA

A arquitetura do sistema proposto pode ser dividida em duas partes: A Assistente Virtual e Dispositivos IoT, conforme pode ser observado na Figura 4.



Figura 4 - Arquitetura do Sistema.

Fonte: Autores, (2019).

Todo o processamento do sistema é realizado na Raspberry Pi, com exceção das API de conversão Voz para Texto (*speech to text*) do Google e a API do *Dialogflow* utilizada para criar a rotina de conversação. A outra etapa, é a etapa de automação residencial feita por microcontrolares ESP8266 conectados a uma rede MQTT.

### III. 1 ASSISTENTE VIRTUAL

O módulo da Assistente Virtual, é composto por uma integração de diferentes tecnologias, utilizando-se de APIs de NLP, assim como bibliotecas de conversão de áudio para texto, como pode ser observado na Figura 5.

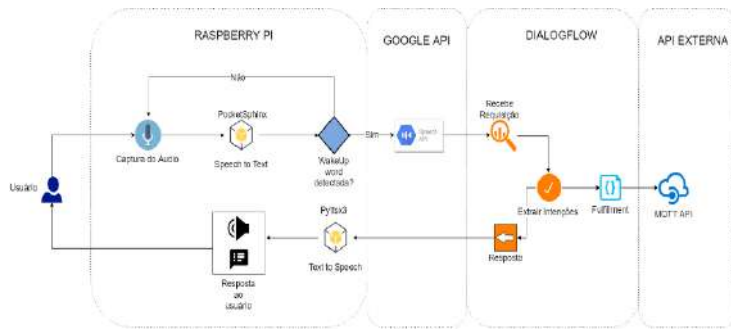


Figura 5 – Fluxograma.

Fonte: Autores, (2019).

Durante um intervalo de tempo o áudio é capturado através do microfone, utilizando a biblioteca *PocketSphinx* é possível converter esse áudio para texto localmente, para checar se a *wakeup word* foi dita. Essa biblioteca foi criada para rodar em dispositivos com hardware e processamento limitado, utilizando de técnicas de aprendizado de máquina para reconhecer os padrões acústicos das palavras.

Se a palavra não é identificada, o algoritmo permanece em um loop infinito até a palavra ser encontrada, quando a palavra é identificada, no entanto, é dada uma resposta ao usuário utilizando a biblioteca *Pytsx3* que permite converter texto em uma voz sintetizada para o usuário.

Após o usuário ter sido sinalizado que a assistente está acordada, o microfone captura a requisição do usuário, mas ao invés de ser processada pela *PocketSphinx* o áudio passa pelo processo de conversão necessário, e é enviado a API do *Google Cloud de Speech to Text* (STT), retornando assim o áudio em formato de texto.

O resultado é então enviado a API de NLP *DialogFlow* onde as intenções da requisição serão capturadas e interpretadas. Dependendo do resultado da interpretação, se positivo, utiliza-se a funcionalidade de *Webhook* da API do *DialogFlow* para fazer uma requisição a API MQTT que foi desenvolvida para fazer uma integração com *Client MQTT Paho*, dessa forma, publicando uma mensagem no canal utilizado pelos dispositivos IoT da residência.

### API MQTT

Serviço desenvolvido utilizando a linguagem de programação Python para fazer uma integração com *Broker MQTT Paho*, dessa forma viabilizando que a API *DialogFlow* utilize a funcionalidade de *Webhook* para assim fazer uma requisição diretamente ao *Broker MQTT*.

Permitindo, dessa forma, que ao entender a intenção de um comando no *DialogFlow*, o mesmo envie o comando (ligar ou desligar) para a rede MQTT, passando o identificador do dispositivo a ser acionado.

### III. 2 DISPOSTIVOS IoT

Como a segunda metade da solução proposta, foram desenvolvidos periféricos com funcionalidade IoT utilizando a placa de desenvolvimento *NodeMCU* baseada no *ESP8266*.

Cada uma das placas foi associada a um circuito de acionamento de cargas AC, a ideia inicial é permitir a automação de Ligar/Desligar periféricos da residência, para o caso específico, os testes foram feitos automatizando o controle de lâmpadas na residência.

O funcionamento é dado da seguinte forma, todas as placas se “inscrevem” em um canal específico do *Broker MQTT*, dessa forma, quando uma mensagem é publicada com um comando



específico, o mesmo é interpretado pelo microcontrolador, assim, ligando ou desligando o periférico conectado a placa.

### III. 3 MONTAGEM

#### Assistente Virtual

A assistente virtual foi montada utilizando uma Raspberry Pi 3 A+ e um microfone Adafruit I2S MEMS SPH0645LM4H seguindo o diagrama a seguir (Figura 6):

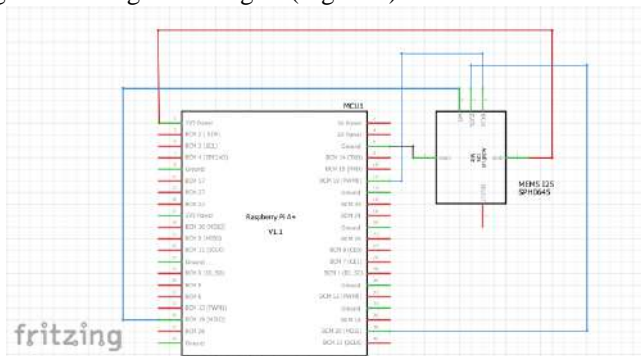


Figura 6 - Circuito Assistente Virtual.

Fonte: Autores, (2019).

A etapa da assistente virtual é composta apenas pela ligação do Microfone MEMS ao pino da Raspberry Pi, nesse caso, não foi feita nenhuma montagem de placa PCI ou em Protoboard.

#### Dispositivos IoT

Os dispositivos de acionamento foram criados utilizando um controlador ESP8266 acionando um relé 9V para ligar ou desligar os equipamentos, como demonstrado na Figura 7.

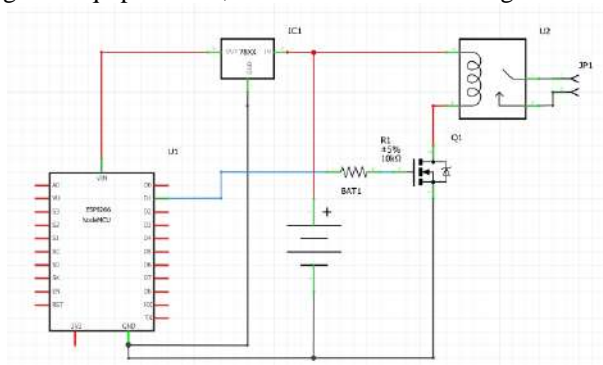


Figura 7 - Circuito de Acionamento.

Fonte: Autores, (2019).

O dispositivo trabalha com um regulador de tensão LM7805 para regular a tensão de 9V para 5V e assim alimentar o microcontrolador. Na etapa de acionamento de carga, foi utilizado o Mosfet IRF540N para acionar um relé 9V, que iria de fato acionar a carga AC. Foram utilizados, componentes discretos e de fácil aquisição no mercado, por se tratar de um protótipo.

### IV. CONCLUSÃO

Dispositivos conectados já são uma realidade nos dias de hoje, estudos preveem um aumento considerável nos próximos anos. Dessa forma uma evolução desse crescimento é a necessidade de os usuários controlarem seus dispositivos e interagirem com eles através de comandos de voz. Diversos fabricantes estão atuando nesse mercado, mas também existe a possibilidade de usuárias com conhecimento e interesse necessário, construir soluções customizadas as suas necessidades. Ainda que o projeto proposto apenas receba interprete comandos simples, é possível treinar o

agente a entender frases e engajar em conversas mais complexas com o usuário. Assim, podemos concluir que existe muito espaço para ser explorado nesse ramo de tecnologias e que diversas abordagens a dispositivos conectados e controlados por voz serão exploradas no futuro, sempre havendo espaço para as pessoas com interesse desenvolverem seus próprios sistemas com base em tecnologias de acesso gratuito.

### V. REFERENCIAS

[1] Abadulrahman, T. A., Isiwekpeni, O. H., Surajudeen-Bakinde, N. T., Otuoze, A. O. Design, Specification and Implementation of a Distributed Home Automation System. The 2<sup>nd</sup> International Workshop on Internet of Things: Networking, Applications and Technologies. Montreal. CA. 2016.

[2] Homesales. Home Automation and Virtual Assistants – What are People Using Now? 2017. Disponível em: <<https://homesales.com.au/news/latest/whats-new-home-automation-virtual-assistance>>. Acessado em: 22/03/2019.

[3] H. Chung, et al. Digital Forensic Approaches for Amazon Alexa Ecosystem. Digital Forensics Research Workshop. Austin. TX. 2017.

[4] Veglis, Andreas. Maniou, Theodora A. Chabots on the Rise: A New Narrative in Journalism. Redfame Publishing [online].7. 2019. [Data da consulta, 25 de maio de 2019]. Disponível em: <<http://redfame.com/journal/index.php/smc/article/view/3986>>

[5] Dutta, Debasatwa. Developing an Intelligent Chat-bot Tool to assist high school students for learning general knowledge subjects. School of Computer Science Technical Reports. Atlanta, GA.

[6] McTear, Michael. Conversational Modelling For Chatbots: Current Approaches and Future Directions. School of Computing and Matematics. Ulster. Northen Ireland.

[7] T. Pant. Building Virtual Assistants for Raspberry Pi. India: Apress, 2016.

[8] Alepis, Efthimos. Patsakis, Constantinos. Monkey Says, Monkey Does: Security and Privacy on Voice Assistants. IEEE Access [online]. 5. 2017. [Data da consulta, 31 de maio de 2019]. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&number=8023746>>

[9] Google. DialogFlow Enterprise Edition. 2018. Disponível em: <<https://cloud.google.com/dialogflow-enterprise>>. Acessado em: 27/03/2019.

[10] Li, Min. Gu, Wenbin. Wei, Chen. He, Yeshen, Wu, Yannian. Zhang, Yinying. Smart Home: Architecture, Technologies and Systems. 8<sup>th</sup> International Congress and Communication Technology. Xiamen, CH. 2018.

[11] Raspberry Pi Foundation. What is a Raspberry Pi? 2018. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi>>. Acessado em: 26/03/2019

[12] Espressif. ESP8266EX Datasheet. 2018. Disponível em: <[https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf)>. Acessado em: 06/04/2019.

[13] MQTT. What is MQTT? 1999. Disponível em: <<http://mqtt.org/faq>>. Acessado em: 06/04/2019.

[14] Kashyap, Monika. Sharma, Vidushi. Gupta, Neeti. Taking MQTT and NodeMCU to IOT: Communication in Internet of Things. 8<sup>th</sup> International Congress and Communication Technology. Xiamen, CH. 2018.

[15] R. A. Light. Mosquitto: server and cliente implementation of the MQTT protocol. The Journal of Open Source. Vol 2. No 13. 2017. Disponível em: <<https://www.theoj.org/joss-papers/joss.00265/10.21105.joss.00265.pdf>>. Acessado em: 06/04/2019.

## THE USE OF MANAGEMENT TOOL AS FACILITATOR OF THE INDUSTRIAL MAINTENANCE PLAN

Jefferson de Souza Paiva<sup>1</sup>, Renato Brasil Sodré<sup>2</sup>, Anderson de Oliveira Castro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico de Engenharia Mecânica, Uninorte Laureate

<sup>2</sup>Acadêmico de Engenharia Mecânica, Uninorte Laureate

<sup>3</sup>Mestre em Engenharia Elétrica, Uninorte Laureate

Email: [firmezzaz@gmail.com](mailto:firmezzaz@gmail.com), [renatosodre28@gmail.com](mailto:renatosodre28@gmail.com), [anderson.castro@uninorte.com.br](mailto:anderson.castro@uninorte.com.br)

Received: June 03<sup>th</sup>, 2019

Accepted: June 06<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

The present article was elaborated through bibliographical research done in books, websites and scientific articles. The objective was to present the importance of the management tool as a facilitator of the preventive maintenance plan in a manufacturing environment. Management tools such as Lean Manufacturing, Gantt Chart and Maintenance Performance Indicators were analyzed, which contributed to the implementation of the preventive plan. The tools studied in this work, aid in planning and integrated reliability within the plant, and enables a preventive maintenance intervention in the production processes, contributing with on-time delivery of products with good quality and production volume, availability of machines and cost minimization.

**Keywords:** Preventive Maintenance, Maintenance Plan, Performance Indicator

## O USO DE FERRAMENTA DE GESTÃO COMO FACILITADOR DO PLANO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

### RESUMO

O presente artigo foi elaborado por meio de pesquisas bibliográficas realizadas em livros, sites e artigos científicos. O objetivo foi apresentar a importância da ferramenta de gestão como facilitadora do plano de manutenção preventiva num ambiente fabril. Foram analisadas as ferramentas de gestão, como Lean Manufacturing, Gráfico de Gantt e Indicadores de Desempenho da manutenção, os quais contribuíram na aplicação do plano preventivo. As ferramentas estudadas neste trabalho, auxiliam no planejamento e na confiabilidade integrada dentro da unidade fabril, e possibilita uma intervenção da manutenção preventiva nos processos de produção, contribuindo com entrega de produtos dentro do prazo, com boa qualidade e volume de produção, disponibilidade de máquinas e minimização de custos.

**Palavras-chave:** Manutenção Preventiva, Plano de Manutenção, Indicador de Desempenho

### I. INTRODUÇÃO

Em uma organização é importante manter os equipamentos em boas condições para se obter maior lucratividade. A manutenção preventiva proporciona ao equipamento um melhor desempenho. Ocorre periodicamente, e os fatores que determinam

sua frequência são a criticidade dos serviços e a disponibilidade da empresa.

A manutenção e um conjunto de ações de gestão, técnicas e econômicas, com o objetivo de otimizar o ciclo de vida útil dos bens de uma empresa [1]. É uma das áreas que mais influencia na produtividade e qualidade, a manutenção atua nos equipamentos e

máquinas produtivas e assim sua eficiência   um influenciador direto tanto na qualidade do produto quanto na quantidade produzida.

Dessa forma, observa-se que nos últimos anos a fun o manuten o se expandiu e vários métodos de gestão surgiram, com objetivo de proporcionar ganhos em áreas variadas como maior segurança do operador, do equipamento, maior qualidade, maior produtividade, reduzir custos e reduzir impactos ambientais.

Com isso, o avanço da área de manuten o veio proporcionar a evolu o de áreas de desenvolvimento tecnológicos e científicos, com o objetivo de atingir maior segurança em seus processos, garantindo um fluxo de atividades sem agressão ao meio ambiente, atendendo a qualidade exigida pelo mercado de produtos e serviços, a custos baixos e otimizados.

Para solu es de problemas de manuten o, podem ser utilizadas as ferramentas *Lean Manufacturing*, Gráfico de Gantt e Indicadores de desempenho da manuten o, beneficiando a confiabilidade dos equipamentos e o conhecimento técnico dos funcionários.

Uma observa o muito importante em rela o   manuten o preventiva   que ela se realize em dias fixos, objetivando uma programac o mais criteriosa, com pessoas especializadas e conseqentemente diminuindo os erros, alinhando os trabalhos que já se encontram na preventiva ou mesmo os que se tornaram criteriosos com o decorrer do tempo.

Este trabalho tem por objetivo explorar a importância da manuten o preventiva e aplica o das ferramentas de gestão na indústria, mostrando como podem ser vantajosas a aplica o das ferramentas em ganho de produtividade, qualidade e preserva o dos equipamentos.

## II. HISTÓRICO E EVOLU O DA MANUTEN O

A manuten o, de acordo com [2],   uma palavra que deriva do latim *manus tenere*, que significa manter o que se tem, e está presente na história humana, desde o momento em que começamos a manusear instrumentos de produ o. Surgiu efetivamente como fun o do organismo produtivo no século XVI, com a apari o dos primeiros teares mecânicos, uma época marcada por um período onde o fabricante do maquinário treinava os “novos operários” a operar e manter o equipamento, ocupando estes o papel de operadores e mantenedores, pois não havia uma equipe específica de manuten o.

Segundo [2], por volta de 1900, surgiram as primeiras técnicas de planejamento de serviços. No entanto, foi durante a Segunda Guerra Mundial que a manuten o se firmou como necessidade absoluta, quando houve então um fantástico desenvolvimento de técnicas da organiza o, planejamento e controle para tomada de decisão.

De acordo com [3], após a implementa o da linha de montagem, por Henry Ford em 1913, houve a necessidade da cria o de equipes para efetuar reparos assim que acontecesse a quebra. Foi a partir daí que surgiu o conceito de Manuten o Corretiva. Logo depois da Segunda Guerra Mundial, com o avanço das técnicas de produ o, as interven es corretivas já não eram mais suficientes e, por esse motivo, surgiu o conceito de Manuten o Preventiva para auxiliar na corre o de falhas e evitar que elas ocorressem.

A apari o efetiva do termo “Manuten o”, indicando a fun o de manter em bom funcionamento todo e qualquer equipamento, ferramenta ou dispositivo, ocorre na década de 1950 nos EUA, e neste mesmo período na Europa tal termo ocupa aos poucos os espaços nos meios produtivos, em detrimento da palavra “conserva o” [2].

### Tipos de Manuten o

[2] cita e classifica os tipos de manuten o:

Manuten o Corretiva;  
Manuten o Preventiva;  
Manuten o Preditiva;  
Manuten o Aut noma.

Segundo [4], entende-se com o termo “manuten o” todas as medidas necessárias para manter/reestabelecer as condi es específicas dos meios técnicos de um sistema, como também determinar e avaliar as condi es existentes desse meio (...). ”

### Manuten o Corretiva

Segundo [5], “Manuten o Corretiva   a representa o do princípio, em que os mecânicos simplesmente consertavam o que estava quebrado, não se preocupando com as causas ou efeitos que ocasionaram o defeito”.

Ela se aplica em emergência, expondo o funcionário a riscos devido   falta de segurança, pois não se sabe a causa raiz, e muitas vezes tendo pouco tempo para diagnosticar o problema, o que pode afetar a produtividade da indústria e gerar custos não planejados, até mesmo no caso em que não haja ferramentas em mãos [6].

### Manuten o Preventiva

[7] afirmam que a manuten o preventiva   o estágio inicial da manuten o programada e deve obedecer a um padrão, estabelecendo paradas per dicas com o objetivo de executar os reparos devidamente programados e assim poder prolongar o tempo de vida útil de uma máquina.

Manuten o Preventiva   a “manuten o efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degrada o do funcionamento de um item”, ou seja, por meio de um plano de manuten o bem elaborado, a empresa consegue antecipar as falhas que possam ocorrer nos equipamentos [8].

### Manuten o Preditiva

A Manuten o Preditiva   o tipo de manuten o em que   possível determinar ciclos, ou seja, determinar de quanto em quanto tempo se deve abrir uma máquina. São registrados, analisados e criados históricos de todos os dados referentes   máquina, conseguindo assim, prever quando acontecerão determinadas falhas [5].

### Manuten o Aut noma

A Manuten o Aut noma   adotada pelos próprios operadores que passam a executar serviços de manuten o no maquinário que operam. Serviços estes que vão desde as instru es de limpeza e lubrifica o, até serviços mais complexos de análise e melhoria dos instrumentos de produ o [2].

Segundo [9], a manuten o aut noma possui sete etapas:

Etapas 1 – Limpeza Inicial: Limpeza e inspe o das máquinas e equipamentos;

Etapas 2 – Elimina o das Fontes de Sujeira e Locais de Difícil Acesso: Foco nas fontes de sujeira que possam vir a contaminar o operador ou até mesmo o ambiente de trabalho;

Etapas 3 – Padrões de Limpeza e Lubrifica o: Busca pelo padrão ideal de inspe o e lubrifica o;

Etapas 4 – Inspe o Geral: Treinamento em manuten o básica das máquinas e equipamentos;

Etapas 5 – Inspe o Aut noma: Cria o de procedimentos e listas de verifica o;

Etapa 6 – Organiza o e Ordem: Organiza o dos locais de trabalho e uso correto dos recursos necessários;

Etapa 7 – Consolida o da Manuten o Aut noma: Consolida o das atividades por meio de uma programa o anual de verifica o das etapas.

“Sendo assim, a manuten o aut noma significa mudar a mentalidade para: “Deste equipamento, cuido eu”, deixando de usar o antigo, que era: “Eu fabrico, você conserta”” [10].

### Gestão da Manuten o

O modelo “TPM - Total Productive Maintenance” (Manuten o Produtiva Total) há três décadas tem se desenvolvido nas indústrias em nível mundial, este modelo focado em custo/eficácia da manuten o, conduz a indústria a ganhos em disponibilidade de equipamentos e máquinas, reduzindo as manuten es corretivas emergenciais e aumentando a segurança do equipamento e da capacidade produtiva [1].

No Brasil há indústrias que seguem o modelo de gestão tradicional e departamentalizada, mas com a competitividade do mercado que vem se elevando, onde as empresas maiores anexam as menores, em pouco tempo estas indústrias brasileiras conhecerão o TPM e sua filosofia, também outras como Gráfico de Gantt e indicadores de desempenho, que auxiliam na programa o e planejamento de manuten es, principalmente em sistemas complexos onde o custo manuten o   elevado e o serviço toma dias de equipamento parado sem produzir [1].

### Lean Manufacturing e Indicadores de Desempenho da Manuten o

As políticas de manuten es têm passado por mudanças, tempos atrás a manuten o era vista como necessária, hoje   um potencial aliado a segurança do processo produtivo, manuten o corretiva de rea o imediata   evitada, e manuten es programadas proativas são preferenciais. Estabilizar o processo produtivo e confiabilidade na produ o   o que se busca com estas mudanças nas políticas de manuten o [11].

### Lean Manufacturing

O grande objetivo da filosofia *Lean Manufacturing* (Produ o Magra) consiste na elimina o das sete grandes perdas associadas aos processos produtivos [11]:

Produ o em excesso, ou seja, que ultrapassa o volume de encomendas;

Tempos de espera, entre as várias etapas de produ o;

Transporte desnecessário de produtos fabricados e de matérias-primas e ferramentas, entre os vários locais de fabrica o;

Processamento defeituoso, contribuindo para um reprocessamento e, eventualmente, para a quebra de confiança dos clientes;

Existência de stocks em excesso, no que respeita tanto aos produtos fabricados como aos materiais de manuten o, obrigando a perdas de tempo no armazenamento e no processamento administrativo e logístico, e   existência de armazéns sobre dimensionados face às necessidades;

Movimenta es desnecessárias por parte dos recursos humanos;

Fabrica o de produtos sem qualidade devida   fraca forma o dos operadores dos equipamentos, e   ausência de especifica es técnicas.

Esta metodologia   derivada do Sistema de Produ o Toyota (TPS – Toyota Production System) e baseia-se em quatro grandes ferramentas de gestão [11]: Kaizen, Six Sigma, Kanban e Just in Time.

### Kaizen

O kaizen visa o bem da empresa e também dos seus recursos humanos, que são motivados a contribuir com ideias e sugestões quem proporcionam a melhora do processo produtivo, os funcionários se sentem importantes e incentivados a colaborar diretamente no processo produtivo, apontando novas solu es e técnicas que melhorem os processos, reduzindo os desperdícios. Esta técnica permite igualmente definir os guias de opera o para os operadores dos equipamentos e serve, ao mesmo tempo que os gestores usam a participa o como método avaliativo [11].

Os conceitos do 5s são fáceis e simples de aplicar e baseiam-se em boas práticas e a manter essas boas práticas. Porém, a implanta o pode ser complicada, pois estas práticas nem sempre são aceitas de prontidão, outro fator   a cultura. O 5s   sempre relacionado como a base do *Lean Manufacturing*.

A metodologia 5S surgiu de 5 palavras de origem japonesas, Seiei, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke, que significam:

Seiri – organiza o e utiliza o – este primeiro S está focado em organizar o posto de trabalho com critério de utiliza o, facilitando o acesso do que usa diariamente e os benefícios com o primeiro S que   posto de trabalho organizado e rapidez ao encontrar o que se precisa.

O conceito básico desta metodologia consiste na qualidade de vida e de condi es de trabalho dos recursos humanos, o que resulta numa maior produtividade obtida com maior qualidade. O Programa 5S surgiu das iniciais de cinco palavras de origem japonesa, Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke, que têm os seguintes significados [12]:

Seiri – organiza o e utiliza o – consiste em manter no local de trabalho apenas o material, ferramentas e equipamentos estritamente necessários, separando assim o útil do inútil. Apresenta os seguintes benefícios:

1. Otimiza o do local de trabalho;
2. Maior rapidez na procura do material necessário;
3. Descarte do desnecessário e/ou do obsoleto;
4. Conhecer com exatidão o material existente.

Seiton – ordena o e arruma o – o material, as ferramentas e os equipamentos devem estar sempre organizados, isto  , cada peça deverá ter o seu local específico de arruma o. Apresenta os seguintes benefícios:

1. Diminui o dos riscos de acidentes;
2. Diminui o de stocks e de movimenta o de peças e equipamentos;
3. Conhecimento real do material disponível;
4. Melhorias no controlo visual;
5. Rapidez na procura de peças.

Seiso – limpeza – ter sempre o cuidado de manter o local e o material de trabalho limpos, e procurar eventuais causas que possam diminuir o rendimento de trabalho. Apresenta os seguintes benefícios:

1. Redu o dos custos de manuten o;
2. Aumento da motiva o dos operários;
3. Aumento da vida útil das ferramentas e dos equipamentos;
4. Ambiente de trabalho mais agradável.

Seiketsu – padroniza o e higiene – manter todos os sectores da empresa com as mesmas características, através da combina o de Seiri, Seiton e Seiso. Apresenta os seguintes benefícios:

1. Maior entendimento entre os colaboradores da empresa;
2. Aumento da integra o entre diferentes áreas;
3. Aumento do controlo visual;
4. Aumento do bem-estar dos colaboradores;
5. Aumento da motiva o;

#### 6. Otimiza o do tempo laboral.

Shitsuke – autodisciplina – representa a autodisciplina através da interioriza o de bons hábitos e de bons costumes, tratando igualmente da atualiza o constante

de conhecimentos por parte de todos os intervenientes no processo produtivo. Apresenta os seguintes benefícios:

1. Aumento das inter-rela es;
2. Expansão da criatividade;
3. Cumprimento das normas de procedimentos definidos;
4. Consciencializa o de valores  ticos e morais;
5. Melhorias no desenvolvimento profissional;
6. Ascensão na carreira profissional;
7. Redu o dos acidentes de trabalho.

#### Six Sigma (Seis Sigma)

O Six Sigma   aplicável em processos, produtos e serviços, com o objetivo de reduzir falhas e custos de produ o, baseando-se num forte sentido de disciplina e na melhoria contínuo. O Six Sigma pretende atingir a meta “zero defeitos” através da preven o de defeitos com base em ferramentas estatísticas. Neste sentido, avaliando as falhas ou defeitos de determinado processo industrial, de uma forma sistemática,   possível discernir quais os procedimentos de preven o a adotar para se eliminar essas falhas. Assim, esta metodologia focaliza-se na elimina o de desperdícios e na redu o de defeitos, assim como na redu o da variabilidade dos processos, recorrendo ao desvio padrão [11].

#### Kanban (cartão)

O procedimento Kanban   utilizado para descrever um sistema de sinaliza o muito simples, que autoriza a produ o em cada célula de trabalho, a partir das opera es a realizar a jusante. Os cartões kanban permitem estabelecer um controlo direto entre células de fabrico, limitando o volume de produ o em curso [11].

#### Just in Time (em Tempo Real)

Just in Time   a mais reconhecida e utilizada técnica de *Lean Production* e representa uma filosofia de gestão que procura continuamente eliminar qualquer tipo de desperdício. O Just in Time   uma técnica que permite ter “o material necessário, no lugar certo, na quantidade exata e no tempo pretendido”, permitindo aumentar o volume de produ o, aumentar o número de encomendas com os mesmos ativos, reduzir os desperdícios, atrasos e tempos de espera e, por conseguinte, reduzir os custos de produ o, melhorar a qualidade dos produtos fabricados, libertar os ativos, aumentar as margens de lucro, reduzir os preços de comercializa o e aumentar a produtividade [11].

A metodologia *Lean Manufacturing* integra nos seus processos a filosofia Manuten o Magra (*Lean Maintenance*) que, obedecendo aos mesmos princípios, tem como objetivo a otimiza o da eficiência global, a promo o da melhoria contínuo, o aumento da confiabilidade e da disponibilidade dos equipamentos e atingir a meta “zero falhas”, o que conduz a um aumento da produtividade, da competitividade e da qualidade dos produtos e   redu o significativa dos custos diretos e indiretos, associados   Fun o Produ o e   Fun o Manuten o.

#### Indicadores de desempenho da Manuten o

Segundo [13], os indicadores de manuten o mostram o desempenho do departamento. Permitem mensurar a eficácia dos resultados obtidos por meio das a es tomadas, da mesma maneira que medir os problemas encontrados entre o executado e o programado.

De acordo com [13], “os indicadores de manuten o podem ser descritos como “Dados estatísticos relativos   situa o da

manuten o, sua performance e o crescimento de sua qualidade e desempenho de suas fun es””.

Para [14], os itens de controle são determinados para simplificar e serem essenciais para definir as a es primordiais. Para garantir tempo totalmente designado para coleta de dados, mantem-se somente um número de indicador, sendo útil e necessário. Promovem melhoria na disponibilidade nos equipamentos e na manuten o, aumentando a produ o, expressando resultados como: custo de manuten o e número de falhas por um período.

#### Performance

Para que a equipe do departamento de manuten o esteja 100% alocada, devem-se monitorar minuciosamente as atividades dos técnicos [10]. A performance pode ser definida por meio da equa o:

$$\text{Performance} = \frac{\text{Tempo de ciclo de máquina} \times \text{Total de peças produzidas no mês}}{\text{Tempo Operacional}} \quad (1)$$

Sendo, conforme [15]:

Tempo de Ciclo de Máquina: tempo em que a máquina está operando na velocidade padrão de um determinado produto;

Total de Peças Produzidas no Mês: número de peças produzidas no período;

Tempo Operacional = Tempo Disponível – Tempo de Paradas.

De acordo com [10], “o desempenho mede a influência das perdas por ociosidade ou pequenas interrup es e “velocidade” de trabalho reduzido (máquina operando abaixo da capacidade)”.

Segundo [16], “conforme estudos mundiais em empresas que seguem padrões World Class (Classe Mundial), um nível padrão mundial do indicador de performance   em torno de 95%”.

#### Qualidade

O indicador mede as perdas de produ o, uma vez que os materiais defeituosos não podem ser entregues para os clientes [17].

Para o cálculo da qualidade,   definida por [10], como sendo a equa o:

$$\text{Qualidade} = \frac{(\text{Total de peças} - \text{Total de peças produzidas no mês})}{\text{Total de Peças}} \quad (2)$$

Sendo, segundo [15]:

Total de Peças: número de peças produzidas;

Total de Peças com Defeito no Mês: número de peças produzidas que não atenderam as especifica es.

De acordo com [10], “A qualidade mede a influência das perdas por peças fora de especifica es e quedas de rendimento”.

De acordo com [16], “se compararmos com estudos mundiais em empresas que seguem padrões World Class (Classe Mundial), o indicador padrão mundial de qualidade   em torno de 99%”.

#### OEE – Overall Equipment Effectiveness (Eficiência Global do Equipamento)

O OEE mede a produtividade da empresa por meio de indicadores e verifica se o maquinário está operando perfeitamente. O indicador quando ilustrar queda significa que deverá realizar algum tipo de interven o para que o equipamento volte ao seu funcionamento original [18].

Um  ndice de OEE de 100% significa que você fábrica apenas bons produtos, o mais rápido possível, sem paradas

corretivas. Na linguagem de OEE, isso significa 100% de disponibilidade, performance e qualidade [19].

De acordo com [16], o OEE   um indicador percentual e   calculado da seguinte maneira, conforme equa o:

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (3)$$

#### **MTBF – Mean Time Between Failures (Tempo Médio entre Falhas)**

O indicador representa o tempo médio entre as falhas e o tempo de funcionamento do equipamento, mediante a necessidade da produ o até a próxima pane [10].

Segundo [2], o MTBF pode ser calculado por meio da equa o:

$$MTBF = \frac{\text{Horas Disponíveis do Equipamento para a Opera o}}{\text{Número de Interven es Corretivas no Equipamento no Período}} \quad (4)$$

Sendo:

Horas Disponíveis do Equipamento para a Opera o = Tempo Disponível – Tempo de Paradas [15].

Número de Interven es Corretivas no Equipamento no Período: quantidade de interven es corretivas registradas em um determinado período [20].

#### **MTTR – Mean Time To Repair (Tempo Médio para Reparar)**

Esse indicador representa o tempo que os responsáveis pelos equipamentos levam para repará-los. Ou seja, o tempo indisponível do maquinário após a ocorrência da falha. Considerando compra e medi o de materiais, equipamentos em reparo e solicita o de fabrica o de peças [10].

De acordo com [2], a equa o do MTTR pode ser descrita por meio da equa o:

De acordo com [21], “se o valor do MTBF com o passar do tempo for aumentando, será um sinal positivo para a manuten o, pois indica que o número de interven es corretivas vem diminuindo (...)”.

$$MTTR = \frac{\text{Horas de Indisponibilidade para a Opera o}}{\text{Número de Interven es Corretivas no Período}} \quad (5)$$

Sendo:

Horas de Indisponibilidade para a Opera o: tempo de paradas [15].

Número de Interven es Corretivas no Período: quantidade de interven es corretivas registradas em um determinado período [20]

Segundo [21], “(...) quanto menor o MTTR no passar do tempo, melhor o andamento da manuten o, pois os reparos corretivos demonstram ser cada vez menos impactantes na produ o”.

#### **Cria o do Planejamento e Controle de Manuten o**

Gestão das Ordens de Serviços que devem ser elaboradas por um profissional da empresa, e este   indispensável para a realiza o do Planejamento e Controle da Manuten o (PCM).

Nesta etapa, devem ser acrescentados relatórios e gráficos, com informa es extraídas dos indicadores de controle [10].

### **III. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **Elabora o do Plano**

O plano deve ser elaborado por meio de ferramentas que auxiliam o gerenciamento de tarefas e programas mantenedores. Este tem como fun o assegurar a eficiência dos processos, a fim de atingir as metas e objetivos já determinados [22].

Neste artigo, foram abordadas por vários autores, a importancia das ferramentas Lean Manufacturing, assim como os Indicadores de Manuten o. A filosofia dessas ferramentas na prática, contribui para um processo mais enxuto, com maior possibilidade de detec o de erros e maior facilidade para soluço de problemas nos setores de produ o e qualidade. E no setor de manuten o não   diferente.

A ferramenta 5S, por exemplo, contribui para a organiza o de ferramentas, ou seja, para que elas estejam sempre nos lugares mais próximos aos mecânicos de manuten o, para que eles possam atender no menor tempo possível as chamadas de paradas de máquinas.

Outra ferramenta a ser abordada neste artigo   o gráfico de Gantt.   uma das ferramentas gerenciais mais utilizadas quando se trata da elabora o de um plano de aço.

Existem diversas ferramentas gerenciais, que foram e ainda são criadas, que são utilizadas com o objetivo de analisar se está sendo executado o programado. Na manuten o, há uma ferramenta que tem esses propósitos e que se tornou popular no meio industrial chamada Gráfico de Gantt [2].

#### **Gráfico de Gantt**

O diagrama de Gantt   utilizado no processo de planejamento e controle de produ o e   uma das ferramentas mais utilizadas nas empresas, para elabora o de cronogramas internos de planejamento e acompanhamento de fabrica o [23].

O Gráfico de Gantt   um diagrama de barras, que foi desenvolvido no início do século XX, pelo norte-americano Henry Gantt. Foi utilizado nos empreendimentos do Exército e da Marinha, o que fez com que se tornasse popular no gerenciamento de tarefas [2].

Segundo [24], esse cronograma tem por objetivo a visualiza o do início e do término das tarefas, sendo que estas são posicionadas a esquerda e suas respectivas barras   direita, que indicam o tamanho de suas dura es.

O gráfico   ilustrado por meio de barras horizontais para demonstrar o tempo previsto para cada tarefa e o início das subsequentes. Após listar todas as atividades e seus tempos de dura es, podem-se incluir nomes dos responsáveis de cada serviço [20].

A tabela 1 possibilita a visualiza o dos serviços programados na preventiva, seus respectivos horários de início, término e dura o total das atividades, nomes dos executantes, responsáveis pelos bloqueios mecânicos e elétricos e auxiliares para parada programada.

Tabela 1: Exemplo do gráfico de Gantt.

| TRABALHOS   | INICIO | FIM   | DURAÇÃO | QUEM                              | Responsável<br>e libera o<br>EHS | STAT<br>US/HO<br>RA | 7 | 07:30 | 8 | 08:30 | 9 | 09:30 | 10 | 10:30 | 11 | 11:30 | 12 | 12:30 | 13 | 13:30 | 14 | 14:30 | 15 | 15:30 | 16 | 16:30 | 17 |
|---|--------|-------|---------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------|---|-------|---|-------|---|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|
| INSPEÇÃO NAS MAGNÉSICAS A/B/C/D   | 08:00  | 12:00 | 04:00   | L C/JOS   VITOR                   |                                  |                     |   |       |   |       |   |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |
| REVISÃO E LIMPEZA NAS LUMINARIAS DO STAND #1                                | 15:00  | 15:30 | 00:30   | JOSE VITOR                        |                                  |                     |   |       |   |       |   |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |
| SUBSTITUIÇÃO DOS FILTROS DO MOTORES DAS CALDEIRAS F1/F2/F3/F4               | 14:30  | 16:30 | 02:00   | BRUNO                             |                                  |                     |   |       |   |       |   |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |
| REVISÃO DO SCRAP CONVEYOR   | 08:00  | 15:30 | 07:30   | JALS/ JAL4/ SALVAD OR/ JAL2       |                                  | SERVI CO A QUEN TE  |   |       |   |       |   |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |
| LUBRIFICAÇÃO BIMESTRAL CABEÇOTE INPINDLES LADO PINHON BOX F1                | 08:00  | 08:30 | 00:30   | AENIR                             |                                  |                     |   |       |   |       |   |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |
| LUBRIFICAÇÃO BIMESTRAL CABEÇOTE SPINDLES                                    | 08:30  | 09:00 | 00:30   | AENIR                             |                                  |                     |   |       |   |       |   |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |
| PL-OPC-TND-2M-2H-1E LQ 2H - SACAR BECK UP - Tocar coifa da escala magnética | 08:00  | 10:00 | 02:00   | MADSO N/ LEONAR DO/ GABRIEL       |                                  |                     |   |       |   |       |   |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |
| BLOQUEIOS E POSICIONAMENTOS   |        |       |         |                                   |                                  |                     |   |       |   |       |   |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |
| BLOQUEIOS E POSICIONAMENTOS PARA PREVENTIVA                                 | 07:30  | 08:30 | 01:00   | BRENDO N/BRINE R                  |                                  |                     |   |       |   |       |   |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |
| DESBLOQUEIOS DA PREVENTIVA  | 16:30  | 17:00 | 00:30   | BRENDO N/BRINE R                  |                                  |                     |   |       |   |       |   |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |
| AUXILIAR NO TRABALHOS DA PREVENTIVA   | 07:00  | 15:00 | 08:00   | EDUARD O/ JOÃO BATISTA / DOUGLA S |                                  |                     |   |       |   |       |   |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |

Fonte: [20].

#### IV. CONCLUSÃO

Em uma indústria, a manuten o assume uma fun o essencial para que os negócios possam enfrentar os desafios que o mercado atual impõe na medida em que a competitividade entre as empresas   cada vez maior, onde a qualidade dos do produto e a flexibilidade do processo produtivo depende diretamente da forma o e valoriza o dos recursos humanos.

Neste sentido, a melhor e mais facilitada capacita o dos recursos humanos em uma empresa vem através de aplica o e treinamento em ferramentas que possam facilitar as atividades diárias, que precisam ser realizadas ao menor tempo possível, atendendo a qualidade esperada pelo cliente. A implementa o destes modelos promove a mudança das políticas de manuten o tradicionais, isto  , da manuten o corretiva, que   reativa e funcional, para uma política de manuten o proativa apoiada por ferramentas de otimiza o e melhoria do desempenho da produtividade, como as abordadas neste artigo.

Visto que a manuten o preventiva auxilia para alcançar os patamares mais importantes para uma empresa, as informa es encontradas e explícitas neste artigo mostram que precisam ser disciplinadas quanto   utiliza o de suas particularidades para alcançar principalmente disponibilidade, performance e qualidade conforme a classe mundial.

#### V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Cabrita apud Ramos, Pedro. Organiza o e Gestão da Manuten o Industrial. 2012. Disserta o (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Universidade da Beira Interior, Covilhã-Portugal.

[2] Viana, H. R. G. PCM: Planejamento e Controle da Manuten o. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2014.

[3] Neto, T. C. M. A História da Evolu o do Sistema de Gestão da Manuten o. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/artigos/a-historia-da-evolucao-do-sistema-de-gestao-de-manutencao/75650/#ixzz4napRPeCr>>. Acesso em: 19 jul. 2017.

[4] Alves, I. B. S. *et. al.* Elabora o e Implementa o de um Plano de Manuten o com Auxílio do 5s: Metodologia Aplicada em uma Microempresa. In: Xxix Encontro Nacional De Engenharia De Produ o, 10., 2009, Salvador.

[5] Santos, V. A. D. Manual Prático da Manuten o Industrial. 4. ed. São Paulo: Ícone, 2013.

[6] Monteiro, C. I.; Rossi, P. H. L.; Souza, L. R. de. Manuten o Corretiva. Disponível em: <[http://www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo\\_6.pdf](http://www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_6.pdf)>. Acesso em: 17 jul. 2017.

[7] Auras, A. P.; Moro, N. Introdu o   Gestão da Manuten o. Disponível em: <<http://norbertocefetsc.pro.br/elm/wp-content/uploads/2014/12/manutencao.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2016.

[8] Associa o Brasileira De Normas Técnicas. NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

[9] Fidelis, N. T. S. *et. al.* O Papel da Manuten o Aut noma no Processo de Implanta o da TPM em uma Empresa do setor Automobilístico. In: XXXV Encontro Nacional De Engenharia De Produ o, 10., 2015, Fortaleza.

[10] Pereira, M. G. Engenharia de Manuten o: Teoria e Prática. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2011.

[11] Ramos, Pedro. Organiza o e Gestão da Manuten o Industrial. 2012. Disserta o (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Universidade da Beira Interior, Covilhã-Portugal.

[12] Assun o apud Ramos, Pedro. Organiza o e Gestão da Manuten o Industrial. 2012. Disserta o (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Universidade da Beira Interior, Covilhã-Portugal.

[13] Kardec apud Koch et al. (2013) Koch, S. *et al.* Análise e Introdu o de Técnicas de Manuten o de Classe Mundial no Setor



de Manutenção Elétrica para Aumentar a Disponibilidade de Equipamentos. In: II WSPI – Workshop Em Sistemas E Processos Industriais, 05., 2013, Santa Cruz do Sul. Conhecimento como aliado às novas tecnologias para Otimização de Processos. Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, 2013. p. 1-10.

[14] Koch, S. *et al.* Análise e Introdução de Técnicas de Manutenção de Classe Mundial no Setor de Manutenção Elétrica para Aumentar a Disponibilidade de Equipamentos. In: II WSPI – Workshop Em Sistemas E Processos Industriais, 05., 2013, Santa Cruz do Sul. Conhecimento como aliado às novas tecnologias para Otimização de Processos. Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, 2013. p. 1-10.

[15] Vince. O Uso do Tempo: Entendendo o uso do tempo por um equipamento. Disponível em: <<http://www.oeo.com.br/uso-do-tempo/>>. Acesso em: 14 dez. 2017.

[16] Silveira, C. B. OEE, Cálculo de Eficiência da Planta e Integração de Sistemas. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/oeo-calculo-eficiencia-equipamentos-integracao-sistemas/>>. Acesso em: 25 out. 2017.

[17] Salomão, A. OEE – Eficiência Global dos Equipamentos. Disponível em: <<http://blog.qualidadesimples.com.br/2016/07/05/oeo-eficiencia-global-dos-equipamentos/>>. Acesso em: 25 out. 2017.

[18] Cardoso, C. O que é o índice OEE e para que serve? Disponível em: <<https://www.automacaoindustrial.info/o-que-e-o-indice-oeo-e-para-que-serve/>>. Acesso em: 25 out. 2017.

[19] Vorne. What is Overall Equipment Effectiveness? Disponível em: <<https://www.oeo.com/>>. Acesso em: 25 out. 2017.

[21] Romanelli, R. Manutenção X Equipamento Novo: como justificar a compra através da avaliação dos indicadores. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/manuten%C3%A7%C3%A3o-x-equipamento-novo-como-justificar-compra>>. Acesso em: 14 dez. 2017.

[22] Costa, M. de A. Gestão Estratégica da Manutenção: Uma Oportunidade para Melhorar o Resultado Operacional. 2013. 104f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, Minas Gerais, 2013.

[23] Kovaleski, J. L.; Kremer, C. D. Planejamento e Controle dos Processos de Fabricação Metalúrgicos Auxiliado pelo Gráfico de Gantt: Um Estudo de Caso. In: XXXV Encontro Nacional De Engenharia De Produção, 10., 2006, Fortaleza. Fortaleza: Enegep, 2006, p. 1-8.

[24] Stramosk, L. Implementação e Análise de um Processo de Planejamento e Controle da Produção na Construção Civil. 2017. 75f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico – Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Santa Catarina, 2017.



## INFLUENCE OF THE MANAGEMENT OF PEOPLE IN THE PRODUCTION PROCESS OF A MOTORCYCLE MANUFACTURER OF HIGH CYLINDER CAPACITY

Flavio José Ribeiro Guimaraes<sup>1</sup>, Edinaldo José de Souza Cunha<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará (PPGEP/ITEC/UFGA). Bairro Guamá. CEP: 66075-110. Caixa Postal 479. PABX +55 91 3201 7000. Belém – Pará – Brasil.

Email: [flaviojrguimaraes@hotmail.com](mailto:flaviojrguimaraes@hotmail.com).

Received: April 16<sup>th</sup>, 2019

Accepted: June 14<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

History has shown us that in order to produce better in an organization, a refinement and balance between productive processes, technical skills and, above all, greater knowledge of emotional intelligence is necessary, and the perception of the management of this triad is fundamental for the manifestation of behaviors that allow we can achieve personal and professional goals. In this way, this work aims to include in the CKD (Complete Knocking Down) production process, the need to optimize the participation of man in this complex process of high precision through safety protocols and to highlight how necessary is the alignment between technical and emotional. This research is of quantitative-qualitative character and counted with the participation of 32 employees of this company, these with average age between 25 and 50 years. Thus, through the analysis and description of the production process, it was possible to reduce the number of failures in the packaging process from 8% to 1,36%. It was also noticeable the need to elaborate and apply a security protocol at the beginning of the process, as this way, it will be able to maintain the current 95% accuracy and reduce by at least 4% the rework that occurs today.

**Keywords:** Productive Processes, Process Management and Strategic People Management.

### INFLUÊNCIA DA GESTÃO DE PESSOAS NO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA MONTADORA DE MOTOCICLETAS DE ALTA CILINDRADA

#### RESUMO

A história nos tem mostrado que para melhor produzir em uma organização é necessário um refinamento e equilíbrio entre os processos produtivos, habilidades técnicas e principalmente maior conhecimento da inteligência emocional, sendo fundamental a percepção do gerenciamento dessa tríade, para a manifestação de comportamentos que permitam que possamos atingir objetivos pessoais e profissionais. Dessa forma, este trabalho visa incluir ao processo produtivo CKD (Complete Knocking Down), a necessidade de otimização da participação do homem neste processo complexo de altíssima precisão através de protocolos de segurança e destacar o quanto é necessário o alinhamento entre o equilíbrio técnico e o emocional. Esta pesquisa é de caráter quanti-qualitativo e contou com a participação de 32 funcionários da referida empresa, estes com média de idade entre 25 e 50 anos. Dessa forma, através da análise e descrição do processo produtivo foi possível reduzir em de 8% para 1,36% o índice de avarias no processo de embalagem. Também ficou perceptível a necessidade de elaboração e aplicação de protocolo de segurança no início do processo, pois, assim poderá manter os 95% de acerto atuais e reduzir em pelo menos 4% o retrabalho que hoje ocorre.

**Palavras Chave:** Processos Produtivos, Gestão de processos e Gestão Estratégica de Pessoas.

## I. INTRODUÇÃO

Presente no Polo Industrial de Manaus - PIM a mais de 40 anos, a indústria de duas rodas é um dos pilares da Zona Franca de Manaus, contribuindo para crescimento intelectual e desenvolvimento de toda a região Amazônica. Sendo o único do país e o maior da América Latina, tanto em termos de quantidade de empresas quanto em termos de produção. O polo é constituído atualmente por cerca de 70 empresas, entre fabricantes de bens finais e de componentes, partes e peças, de diversos países, tais como: Inglaterra, Alemanha, Japão, Estados Unidos, Itália, Áustria e Brasil. O segmento de Motocicletas contribui com cerca 15% do PIB do Estado do Amazonas, acolhendo mais de 20.000 colaboradores diretos, sendo o quarto maior segmento, atrás das indústria Eletrônica com 36%, Bens de Informática com 17% e Química com 16% do PIB do Estado, sendo assim, um dos propulsores da região [1].

A história nos tem mostrado que para melhor produzir em uma organização é necessário um refinamento e equilíbrio entre os processos produtivos, habilidades técnicas e principalmente maior conhecimento da inteligência emocional, sendo fundamental a percepção do gerenciamento dessa tríade, para a manifestação de comportamentos que permitam que possamos atingir objetivos pessoais e profissionais.

Desta forma o trabalho é sempre buscado de modo sistemático, todavia, a necessidade da velocidade nos processos produtivos nos leva para um abismo e para uma dificuldade crescente em relação a perfeição e deste modo torna-se necessário a integração total dos profissionais envolvidos.

Assim como hipóteses destacam-se: O processo produtivo CKD de uma montadora de motocicletas de alta cilindrada deve ser trabalhado buscando o equilíbrio da capacidade técnica e comportamental dos profissionais envolvidos sob pena de não possuir a segurança necessária no produto.

O processo produtivo deve possuir alto controle técnico e emocional para garantir qualidade do produto acabado para o mercado, tendo a garantia de eficiência e eficácia no início, meio e fim do processo.

Além dos aspectos de mercado, atualmente, a crise financeira, que assola a economia do país, gerando a retração do consumo e das vendas, reforça a necessidade de que as empresas precisem ser extremamente eficientes para conseguir se manterem firmes e sobreviver às adversidades. Este cenário é similar ao vivido pela Toyota no pós-guerra, quando foi originado o STP. Os japoneses tiveram que adaptar a produção ao mercado local do pós-guerra, muito reduzido em comparação ao norte-americano e com um padrão de consumo diferenciado [2].

Assim, a inspiração para este estudo foi buscar responder a seguinte problemática: A falta de sincronia entre as habilidades técnicas e níveis comportamentais afetados pela falta de conhecimento da inteligência emocional nos profissionais envolvidos no processo produtivo CKD – Complete Knocking Down, praticado pela empresa pode elevar os riscos e os momentos críticos no processo.

### II.1 DESENVOLVIMENTO CONCEITOS E PRINCIPIOS DA FILOSOFIA DO PROCESSO CKD (COMPLETE KNOCKING DOWN).

No mundo industrial a sigla CKD ou Complete Knocking Down é conhecida por se tratar de um processo de produção que consiste em enviar um veículo completo desmontado para ser finalizado no país onde será vendido [3].

Devido ao PPB (Processo Produtivo Básico) definido por meio da Lei n.º 8.387, de 30 de dezembro de 1991, como sendo o conjunto mínimo de operações, no estabelecimento fabril, que caracteriza a efetiva industrialização de determinado produto, da SUFRAMA, a empresa é obrigada a nacionalizar algumas peças das motocicletas, ou seja, alguns componentes são comprados no Brasil e de fornecedores locais. Após a chegada dos kits, eles são armazenados no estoque da empresa e em seguida vão para os setores de produção onde são montadas [3].

## II. 1.1 PROCESSO PRODUTIVO DA EMPRESA

O processo produtivo da montadora de alta cilindrada consiste na montagem das motocicletas. A maioria das peças das motos são fabricadas na Inglaterra e chegam desmontadas em forma de kit para serem montadas na unidade de Manaus. Devido ao PPB (Processo Produtivo Básico) definido por meio da Lei n.º 8.387, de 30 de dezembro de 1991, como sendo o conjunto mínimo de operações, no estabelecimento fabril, que caracteriza a efetiva industrialização de determinado produto, da SUFRAMA, a empresa é obrigada a nacionalizar algumas peças das motocicletas, ou seja, alguns componentes são comprados no Brasil e de fornecedores locais. Após a chegada dos kits, eles são armazenados no estoque da empresa e em seguida vão para os setores de produção onde são montadas. Ao todo são 25 processos desde a desembalagem até a embalagem final, onde são expedidas e armazenadas em um contêiner para ser enviada à concessionária.

Para simplificar a descrição do processo produtivo, os processos são divididos por setores totalizando 12 setores que a motocicleta percorre da desembalagem à expedição.

### II.1.2 PROCESSO PRODUTIVO E PRODUTIVIDADE

De acordo com a Fundação Nacional da Qualidade – FNQ1 (2008), “A estruturação por meio de processos proporciona clareza e objetividade no entendimento das várias fases de determinadas atividades, assegurando maior visibilidade nas tarefas para o conhecimento do negócio da organização”.

Dessa forma, é importante que as lideranças das organizações primem pela criação de práticas que promovam maior desempenho ao fornecimento do serviço prestado pelo colaborador frente aos recursos, além da definição adequada de responsabilidades.

Nesse sentido [4], nos fala algo muito interessante sobre a gestão de processos ou Business Management Process (BPM), quando afirma que: “A gestão de processos, ou Business Management Process (BPM), é uma disciplina de gestão que exige das organizações uma mudança para o pensamento centrado nos processos”. A importância de melhorar a organização de uma maneira eficiente e a necessidade de responder às exigências de mudanças endógenas e exógenas às organizações têm sido os maiores desafios contemporâneos [5].

É relevante e salutar que a melhora constante no processo dentro da organização é de extrema importância, entretanto, é importante que as mudanças internas dentro do ambiente de trabalho aconteçam de forma a garantir o sucesso e crescimento não somente da empresa como também dos seus colaboradores. E para isso ocorrer de forma satisfatória é necessário a confiança, o respeito, a comunicação e a transparência dentre outros, são fatores que fazem toda diferença no sucesso organizacional.

Na visão de [6] “o papel do líder vem sendo muito discutido e destacado nos últimos anos, pois com a globalização dos negócios, reestruturação das organizações, evolução da tecnologia a valorização das pessoas tem mudado a concepção (ainda que lentamente) a forma de gerenciar as equipes. Nos dias

atuais o líder, atualmente, tem como papel primordial envolver e comprometer os seus liderados com a visão e as metas das empresas e para isso a competência comunicativa é essencial. Já [7] dizem que comunicação é a transferência de informação de uma pessoa para outra. É uma forma de atingir os outros com ideias, fatos, pensamentos, sentimentos e valores.

Nesse mesmo viés, [8] comenta que, “em muitas organizações falava-se, até pouco tempo, em “relações industriais”, uma espécie de visão burocratizada que vem desde o final da revolução industrial e que encontrou seu auge na década de 1950, época marcada pelo grande desenvolvimento do Brasil e período de transição das guerras mundiais. Em outras organizações fala-se em administração de recursos humanos, uma visão mais dinâmica que predominou até 1990 e foi adotada por algumas empresas mais sofisticadas em administração de pessoas, que tendiam a considerar sim o ser humano como dotado de habilidades e capacidades intelectuais”.

Assim, nos dias atuais as empresas buscam qualificar a mão de obra com práticas sobre Inteligência emocional, para que os rendimentos sejam cada dia maiores. E a procura por colaboradores com características de liderança são fundamentais para o sucesso do negócio. Nesse contexto percebe-se a necessidade da formação por parte dos futuros profissionais que visam chegar longe dentro de uma empresa, porém, hoje, a maioria das organizações já oferecem cursos de qualificação para que os mesmos consigam desempenhar seu papel cada vez melhor dentro da organização.

Outro fator importante na visão de [9], que também precisa ser analisado, é “referente ao aumento do uso dos recursos tecnológicos e com o forte movimento para “que tudo saia da melhor forma” com eficiência e eficácia, as organizações não estão buscando mais profissionais que apenas desempenhem bem uma função, querem um funcionário que possa agregar valor e que tenha espírito de equipe, ou seja, que se relacione bem com outros colaboradores”. Um dos grandes desafios dos gestores nas organizações da atualidade é gerir negócios que possam ir além dos resultados e dos lucros. Essa evolução e a mudança de pensamento não acontecem apenas em relação aos setores de trabalho e às atividades desempenhadas em si, mas também na gestão que valoriza os colaboradores.

### II.1.3 INTELIGÊNCIA EMOCIONAL NO PROCESSO PRODUTIVO

O homem desde os primórdios teve domínio sobre o que buscar para sobreviver, tais buscas despertaram o que chamamos de inteligência emocional. No meio organizacional quando se buscam melhores resultados e eficiência no desenrolar dos serviços de toda e qualquer empresa escolherem os supervisores e gerentes certos é um dos muitos passos importantes que se pode adotar para fortalecer as linhas de produção das empresas. Os trabalhadores tendem a trabalhar melhor e mais eficientemente quando estão trabalhando sob aqueles com um alto nível de inteligência emocional.

Para tanto, [10] analisou o ser humano por uma perspectiva diferente daquilo que vinha sendo praticado, ou seja, uma teoria que passou a estudar o ser humano a partir de suas emoções e não somente de sua razão e de como os indivíduos reagem diante das mesmas.

A inteligência emocional ajuda no processo produtivo os supervisores e gerentes a captar sinais de comunicações não-verbais. Um alto nível de resolução de conflito também ajudará esses agentes a resolver os conflitos com mais eficiência, mantendo uma linha de produção produtiva no processo. Diante disso, [11] salienta que quando se fala do processo de desenvolvimento

profissional, comparando às mudanças ocorridas nas últimas décadas, o que fica mais destacado é a mudança cultural quanto à disposição e o acesso a estes conhecimentos. Além disso, pessoas com alta inteligência emocional geralmente dão o exemplo e são mais apreciadas pelas pessoas que lideram.

Em seus estudos nos revela que “vida é um campo com o qual se pode lidar, certamente como matemática ou leitura, com menor ou maior habilidade, e exige seu conjunto especial de aptidões. E a medida dessas aptidões numa pessoa é decisiva para compreender por que uma prospera na vida, enquanto outra, de igual nível intelectual, entra num beco sem saída: a aptidão emocional é uma metacapacidade que determina até onde podemos usar bem quaisquer outras aptidões que tenhamos, incluindo o intelecto bruto” [10].

Em termos práticos esse autor diz que a inteligência emocional abrange cinco áreas principais: autoconhecimento, controle emocional, auto-motivação, empatia e habilidades de relacionamento. É, obviamente, importante para uma boa comunicação com os outros e é, portanto, uma porta de entrada para uma melhor aprendizagem, amizades, sucesso acadêmico e emprego. Já para [12] a palavra emoção coloca movimento aos sentimentos fundamentais. Segundo este autor é a inteligência emocional que motiva o ser humano à busca de seus propósitos e valores únicos, que deixam a base apenas do pensamento para serem vividos.

O termo inteligência emocional foi popularizado em meados dos anos 90 pelo livro do jornalista Daniel Goleman, *Inteligência Emocional: Por que pode importar mais do que o QI?* As alegações do livro de que a inteligência emocional é mais importante do que o QI é uma fonte de debate entre os psicólogos, mas parece que a inteligência emocional pode ser um fator no desempenho acadêmico.

Os estudos de [10] apontam para fortes indícios de que as pessoas emocionalmente competentes tendem a considerar mais os sentimentos dos outros, levando vantagem tanto na vida pessoal como profissional. Como o conceito de inteligência emocional pode ser entendido, antes de tudo, é necessário examinar o conceito de inteligência e emoção. O primeiro uso do conceito de inteligência voltou a Aristóteles. A primeira classificação relacionado com a inteligência foi feito por Thorndike em 1920. Thorndike examinou a inteligência em três dimensões em seu trabalho chamado "Erros permanentes na avaliação psicológica". Estes são inteligência social, inteligência abstrata e inteligência mecânica. A inteligência social é uma dimensão da inteligência que está associada ao ser humano adapta-se à vida social. Inclui a capacidade de entender e gerenciar pessoas. A inteligência abstrata é um dimensão da inteligência que está associada a conceitos e princípios e que permite que esses conceitos sejam usado na resolução de problemas. Habilidades e comportamentos relacionados ao uso de ferramentas e objetos descrevem inteligência [13].

Por mais auto explicativo que pareça, a inteligência emocional é uma combinação de de fatores e que fazem a diferença no ambiente organizacional. Inteligência emocional é a capacidade de reconhecer as emoções de si mesmo e dos outros, a capacidade de regular e distinguir vários sentimentos e um guia para o nosso processo de pensamento e comportamento. É o fator mais quintessencial que faz um ser humano, humano.

### II.1.4 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

Segue descrição, análises e discussões do processo produtivo:

1. Entrada dos kits no setor de desmontagem. O material sai

do estoque em uma empilhadeira operada por um colaborador/funcionário levando dois kits por cada percurso do estoque para o setor de desembalagem das peças. Na figura 1 é possível visualizar a chegada dos kits no setor de desembalagem.



Figura 1 – Entrada dos kits no setor de desembalagem.

Fonte: Autores, (2018).

O operador de empilhadeira armazena os 2 kits no setor de desembalagem e depois retorna ao estoque para realizar a atividade novamente.

2. Desembalagem do motor. Após a chegada do kit no setor de desembalagem, 02 operadores retiram as caixas do kit do motor e levam para o setor de desembalagem do motor, onde os mesmos colaboradores executam as atividades de retirar as embalagens das peças e armazenar dentro das bandejas no carrinho para seguir depois para a montagem do motor. Nesta operação são utilizados 3 operadores e 1 carrinho de suporte. A figura 2 mostra a estação de trabalho de desembalagem do motor.



Figura 2 – Estação de desembalagem do motor.

Fonte: Autores, (2018).

3. Desembalagem do kit (chassi). Este setor de desembalagem é composto por 7 operadores, sendo 4 operadores na distribuição das peças maiores e menores nos carrinhos, 1 operador na desembalagem do kit de acessórios e 2 operadores na desembalagem das peças. Neste processo são retiradas as peças do kit e são armazenadas em dois carrinhos dentro de bandejas. No primeiro carrinho são colocadas as peças maiores e no segundo carrinho são colocadas as peças menores ainda embaladas.

Na figura 3 visualiza-se o armazenamento das peças.



Figura 3 – Armazenamento das peças maiores e menores nos carrinhos

Fonte: Autores, (2018).

Para facilitar o armazenamento das peças nas bandejas, os operadores verificam os códigos das bandejas que estão identificados na embalagem das peças.

4. Inspeção visual. Neste processo é feito uma inspeção na pintura do chassi e são verificados se os carrinhos possuem todas as bandejas com suas respectivas peças.



Figura 4 – Inspeção visual.

Fonte: Autores, (2018).

5. Submontagem do chassi. Após terminado o processo de inspeção visual do chassi, os carrinhos vão para o setor de submontagem do chassi. O setor possui 5 estações de trabalho onde são compostos de 5 colaboradores executando atividades paralelamente. As atividades do setor são mostrados no Quadro 1.

Quadro 1 - Estações de trabalho do setor de submontagem.

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Estação 1:</b> | <i>Prensa do enrolamento dianteiro e traseiro; Montagem do pneu no aro; Calibragem do pneu; Balanceamento das rodas;</i>               |
| <b>Estação 2:</b> | Submontagem da carenagem do lado esquerdo e direito, bico frontal, cavalete lateral e caixa de bateria;                                |
| <b>Estação 3:</b> | Submontagem do farol, radiador e módulo ABS no chassi e escapamento; Submontagem do guidão;  |
| <b>Estação 4:</b> | Submontagem do garfo, amortecedor e articulador do garfo;  |
| <b>Estação 5:</b> | Submontagem do tanque de combustível, carenagem lateral direito, para-lama traseiro, painel de instrumento e reservatório do radiador. |

Fonte: Autores, (2018).

A figura 5 mostra o setor de submontagem do chassi com operadores que trabalham nas estações de trabalho.



Figura 5 – Submontagem do chassi.

Fonte: Autores, (2018).

6. Montagem do motor. A linha do motor é composta por 7 estações de trabalho, sendo que uma delas é a desembalagem do motor. O processo de desembalagem do motor conta com 3

colaboradores, e as 6 estações de trabalho contam com 1 colaborador em cada, totalizando 9 pessoas na linha do motor. O processo é sequencial, ou seja, as atividades são interligadas e dependentes umas das outras. A sequência das 6 atividades estão descritas no quadro 2.

Quadro 2 - Estações de trabalho da linha do motor.

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>Estação 1:</b> | <i>Pré montagem do motor;</i>   |
| <b>Estação 2:</b> | Montagem da carcaça do motor;   |
| <b>Estação 3:</b> | Montagem do rotor, embreagem e pião;  |
| <b>Estação 4:</b> | Montagem do cabeçote;   |
| <b>Estação 5:</b> | Montagem da tampa do cabeçote, tampa do alternador, tampa do contrapeso, suporte da tampa da embreagem;   |
| <b>Estação 6:</b> | Montagem da tampa de respiro, sensor de mudança de marcha, corpo injetor, teste de vazamento de óleo, água e cilindro, enchimento de óleo, teste de pressão do motor. |

Fonte: Autores, (2018).

A figura 6 mostra a estação 4, onde o colaborador executa a atividade de montagem do cabeçote.



Figura 6 – Montagem do cabeçote.

Fonte: Autores, (2018).

7. Montagem do chassi. A montagem do chassi possui 4 estações de trabalho sequenciais. É neste processo que há o ponto de encontro entre a linha do chassi e o motor. O Quadro 3 abaixo mostra as atividades executadas pelos colaboradores na montagem do chassi da motocicleta.

Quadro 3 - Estações de trabalho da montagem do chassi.

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Estação 1:</b> | <i>Montagem do chassi no motor; Numeração do chassi; Montagem da suspensão dianteira e traseira; Montagem da roda dianteira e traseira; Montagem do guidão, fiação elétrica, caixa de bateria e encaixe da corrente de transmissão;</i>                            |
| <b>Estação 2:</b> | Montagem da descarga, conjunto de ignição, componentes elétricos, conjunto de cavalete central e lateral, montagem dos sensores de velocidade, capa da corrente, protetor de Carter; Montagem do radiador, pedal de freio traseiro e pastilhas de freio dianteiro; |
| <b>Estação 3:</b> | Abastecimento do fluido de freio, fluido do radiador e Montagem da tampa do pião;  |
| <b>Estação 4:</b> | Montagem do tanque de combustível, carenagem, farol dianteiro e traseiro, painel de instrumento, para-lama dianteiro e traseiro, Montagem do assento, pedal de câmbio, pedal de apoio, cabo da embreagem, Montagem da bateria                                      |

Fonte: Autores, (2018).

Este momento do processo a atenção deve ser redobrada, pois, ao final da montagem do chassi será dada continuidade para a montagem do motor. Na verdade a perfeição em todos os momentos dos processos é uma necessidade.

A figura 7 abaixo mostra o primeiro posto de trabalho na montagem do chassi. Neste processo são utilizados dois colaboradores e um carrinho de suporte.



Figura 7 – Estação de trabalho 1 de montagem do chassi.

Fonte: Autores, (2018).

8. Inspeção visual e abastecimento de combustível. Neste processo é feita uma inspeção visual, conforme figura 4.8 para verificar se há imperfeições na moto, como arranhão e qualidade da pintura. Esta estação de trabalho possui 01 colaborador. Após feito isso, é realizado o abastecimento de combustível para realizar testes seguintes.



Figura 8 – Inspeção visual e abastecimento.

Fonte: Autores, (2018).

9. Teste de qualidade e funções elétricas. Na figura 9 é possível visualizar a forma como se realiza o teste de qualidade e verificação das funções elétricas.



Figura 9 – Teste de qualidade e funções elétricas.

Fonte: Autores, (2018).

10. Teste de dinamômetro. Este teste é conhecido como o teste de rua, onde o operador dirige a motocicleta usando uma



A produtividade é algo que merece uma atenção fundamental em qualquer empresa pois sempre poderemos melhorar. Por isso torna-se fundamental saber qual o momento de melhor produção. Na figura 4.22 evidenciou-se que 77% dos homens destacam que logo pela manhã se acham mais produtivos enquanto que 19% dizem ser após almoço e a minoria 4% responderam ser no final da tarde. Quando analisamos as mulheres 100% destacam que são mais produtivas logo pela manhã.

Torna-se necessário um melhor acompanhamento no processo durante todo o dia, pois a concentração produtiva em um único horários é preocupante, tanto quando a improdutividade em outro horário do dia. Há uma necessidade de equilíbrio na produtividade durante todo o dia devido a produtividade estar ligada diretamente ao equilíbrio técnico e emocional.

O pesquisador também questionou os pesquisados sobre Processo produtivo da empresa.

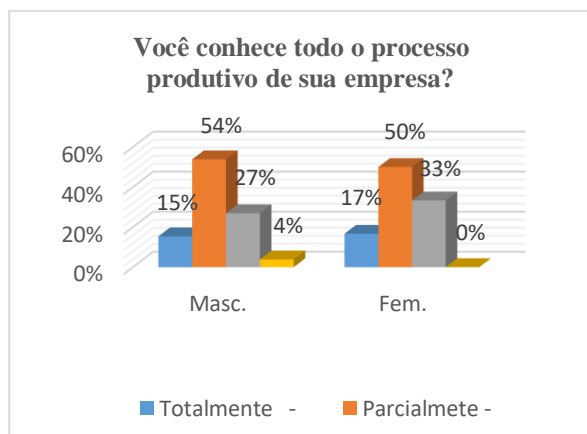


Figura 14 – Você conhece todo o processo produtivo de sua empresa?

Fonte: Autores, (2018).

Buscando verificar o nível de envolvimento técnico e emocional dos colaboradores da empresa foi perguntado se eles conheciam na totalidade o processo produtivo. Como resposta 15% dos homens disseram conhecer totalmente, 54% parcialmente, 27% muito pouco e 4% quase nada. Perguntado as mulheres tivemos 17% respondendo que conhece totalmente, 50% parcialmente e 33% muito pouco.

Desta forma percebe-se que é fundamental um maior envolvimento de todos os colaboradores afim de conhecerem melhor todo o processo produtivo da empresa pois 85% dos entrevistados homens dizem conhecer parcialmente, muito pouco ou quase nada. Enquanto 83% da mulheres entrevistadas, também, dizem conhecer parcialmente ou muito pouco.

O não conhecimento dos entrevistados referente ao processo produtivo como um todo é um risco para o processo produtivo e por isso já estão fazendo um trabalho de rodizio dos colaboradores afim de que todos conheçam o processo, suas dificuldades e seus gargalos, seus riscos e tudo o que é necessário para entregar aos compradores um produto de excelência e ao mesmo tempo preservar os colaboradores evitando acidentes na linha de produção.

#### IV.1 RESULTADOS ALCANÇADOS APÓS PESQUISAS REALIZADAS

Após a descrição, verificação e análise do processo produtivo da empresa pesquisada, foi proposto pelo pesquisador e aceito pelo diretor a realização de um teste, colocando no processo de embalagem um colaborador que tivesse experiência em todos os

processos de fabricação. Desta forma foi reduzido as avarias de 8,0% para 1,36%. A partir daí sempre o processo de embalagem é realizado por colaboradores que possuem a experiência em todos os processos. O ganho com esta ação foi de 45 motos a mais sem avarias para um faturamento a mais de R\$ 1.755.000,00 ao mês, totalizando um faturamento a maior anual de aproximadamente R\$ 21.060.000,00.

Após o resultado da pesquisa de campos e devido o processo ser complexo de altíssima precisão sugeriu-se que seja implantado o protocolo de segurança desenvolvido pelo pesquisador no início do processo e ter atenção redobrada na montagem do chassi (moto) o que eliminará retrabalhos em mais de 4% e por consequência a empresa conseguirá atingir pelo menos 99,5% sem falhas ou desvio. O diretor informou que irá providenciar a implantação. O ganho com esta ação será de 6 motos a mais sem avarias para um faturamento a mais de 234.000,00, totalizando um faturamento a maior anual de aproximadamente R\$ 2.808.000,00.

Com a implantação de protocolo de segurança além de redução de mais de 4% de retrabalhos, teremos possibilidades da produção de 31 motos por dia passar a ser 35 motos por dia. O ganho com esta ação será de 88 motos a mais sem avarias para um faturamento a mais de 3.432.000,00, totalizando um faturamento a maior anual de aproximadamente R\$ 41.184,000.

#### V. CONCLUSÃO

Com a presente pesquisa, verificou-se que durante o levantamento realizado no local das 12 etapas do processo produtivo CKD (Complete Knocking Down-Completamente Desmontado), notou-se que na pesquisa ficou perceptível a necessidade de uma maior atenção no processo da embalagem final e em conversa com o diretor, ele informou que realmente há falhas neste processo criando avarias de 8,0 % ao dia, o que correspondente a um total de 55 motos avariadas por mês. Desta forma foi analisado em loco e com a análise do perfil do colaborador que ficava no processo de embalagem e detectou-se que historicamente sempre foi enviado para este processo novatos com pouca experiência, pois, o diretor e supervisores acreditavam que a embalagem não teria tanto problema por ser somente para despacho ao operador logístico. Então, foi proposto pelo pesquisador a realização de um teste, colocando no processo de embalagem um colaborador que tivesse experiência em todos os processos de fabricação. Assim, foi reduzido de 8% para 1,36% o índice de avarias e a partir daí sempre o processo de embalagem é realizado por colaboradores que possuem a experiência em todos os processos.

Portanto, devido o processo ser complexo de altíssima precisão sugere-se que seja elaborado e implantado um protocolo de segurança no processo o que poderá eliminar pelo menos 4% de retrabalhos e por consequência a empresa conseguirá atingir pelo menos 99% sem falhas ou desvio.

#### VI. AGRADECIMENTOS

Ao PPGEP/UFPA, Ao ITEGAM, e a empresa Triumph Fabricação de Motocicletas de Manaus Ltda. pelo apoio a pesquisa.

#### VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] WWW.SUFRAMA.GOV.BR. Acesso em 26.10.2017.
- [2] Hoffman, Kurt and Kaplinsky, Raphael. Driving Force: The Global Reestrutring of Technology, Labour and Investment in the



Automobile and Components Industries. Westview: Boulder, 1988.

[3] Chevrolet Cruze Owner Manual. Litho in U.S.A. Part No. 20935335 A First Printing ©2011 General Motors LLC. All Rights Reserved. 2012.

[4] Doebeli, G. Fisher, R. GAPP, R. sin BPM governance to align sistens anal practice. Business Process. Management Journal. V. 17. 2011.

[5] Ulmer, J.; Belaud, J.; Le Lann, J. Towards a pivotal-based approach for business process alignment. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, v.24, p. 11, 2011.

[6] Borlot, M. Marques, R. O papel da liderança na motivação de equipe. Gestão Contemporânea v.2. n.2 (2012).

[7] DAVIS, Keith; Newstron, John W. Comportamento humano no trabalho: uma abordagem organizacional. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001. v. 2, cap. 1. P. 3-31.

[8] Chiavenato, I. Introdução a Teoria da Administração. TGA. 7 ed. Totalmente atualizada: Campos, 2004.

[9] De Falco, Alessandra, R. S. Silva, Rômer. O processo de gestão de pessoas em empresas de comunicação e mercado. /Unigran – Dourados – MS. 2012.

[10] Goleman, Daniel. Inteligência Social: o poder das relações humanas. São Paulo: Campus, 2013.

[11] Rucker, Peter F. Desafios gerenciais para o século XXI. São Paulo: Pioneira 2002.

[12] Cooper, R. K. e Sawaf, A. (1997), Liderlikte Duygusal Zekâ (Inteligência Emocional em Liderança), Çev: A.Ayman ve B. Sancar). İstanbul: Sistem.

[13] Sirem, S. H. Duygusal Zekâ. Classificação: uma aplicação para os trabalhadores de saúde pública (2009).

## STUDY OF THE INSPECTION OF A FLAMOTUBULAR BOILER THROUGH THE CODES ASME AND NR-13

Wildebran de Araujo<sup>1</sup>, Felipe Liarte Teodósio<sup>2</sup>, Paola Souto Campos<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Discente em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário do Norte (UNINORTE). Manaus - AM

<sup>3</sup> Doutora em Diversidade Biológica pela Universidade Federal do Amazonas(UFAM), Professora do Centro Universitário do Norte – UNINORTE – Manaus-AM.

Email: [awildebran@gmail.com](mailto:awildebran@gmail.com), [author2@gmail.com](mailto:author2@gmail.com), [pscampos@gmail.com](mailto:pscampos@gmail.com)

Received: May 23<sup>th</sup>, 2019

Accepted: June 14<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

Boilers and pressure vessels are widely used in the industrial environment. They require attention from the project to the end of its useful life, regulated by international standards. The objective of this study was to demonstrate some procedures for the inspection of a boiler by analyzing its databook and verify its compliance with the American Society of Mechanical Engineers (ASME) and NR-13 (Regulatory Standard 13), current legislation used in Brazil for the management of these equipments. Sheet metal thickness calculations and MAWP (Maximum Allowable Working Pressure) were performed to establish the minimum safety criteria. The thickness measurement of the plate was performed using an ultrasonic meter. The data obtained evidenced agreement with the current norms for boilers, but in the databook it was verified the absence of the calculation memory used in the project to obtain the minimum thickness of the sheet metal, essential information according to NR-13, for the safe use the equipment. After inspection it was found that the boiler meets the minimum operating conditions according to the calculations made from the available information, and even after 25 years of operation, it has the structural requirements for use in accordance with the ASME project standard.

**Keywords:** Boiler. Pressure vessels. ASME. NR-13.

### ESTUDO DA INSPEÇÃO DE UMA CALDEIRA FLAMOTUBULAR ATRAVÉS DOS CÓDIGOS ASME E NR-13

#### RESUMEN

Caldeiras e vasos de pressão são amplamente utilizados no meio industrial. Requerem atenção desde o projeto até o encerramento de sua vida útil, regulamentados por normas internacionais. Objetivou-se neste estudo, demonstrar alguns procedimentos para a inspeção de uma caldeira através da análise do seu databook e verificar a sua conformidade com as normas ASME (American Society of Mechanical Engineers) e NR-13 (Norma Regulamentadora 13), legislações vigentes utilizadas no Brasil para o gerenciamento destes equipamentos. Os cálculos da espessura da chapa metálica e PMTA (Pressão Máxima de Trabalho Admissível) foram realizados para estabelecer os critérios mínimos de segurança. A medição de espessura da chapa foi realizada usando um medidor por ultrassom. Os dados obtidos evidenciaram concordância com as normas vigentes para caldeiras, porém, verificou-se no databook a ausência da memória de cálculo utilizada no projeto para a obtenção da espessura mínima da chapa metálica, informação essencial conforme a NR-13, para o uso seguro do equipamento. Após a inspeção constatou-se que a caldeira atende as condições mínimas de operação de acordo com os cálculos feitos a partir das informações disponíveis, e mesmo após 25 anos de funcionamento, possui os requisitos estruturais para utilização de acordo com a norma ASME de projeto.

**Palavras-chave:** Caldeiras. Vasos de Pressão. ASME. NR-13.

## I. INTRODUÇÃO

Caldeiras a vapor são equipamentos destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia, projetados conforme códigos pertinentes, excetuando-se refervedores e similares [7]. Esse processo acontece através da queima do combustível, fornecendo calor à água, que entra em ebulição e vaporização até virar vapor superaquecido.

Segundo [12], por trabalharem com valores de pressão muito alta em relação à atmosférica, caldeiras são pontos de risco em potencial e devem receber um cuidado especial com a segurança e saúde das pessoas que os operam ou que trabalham próximos a eles.

Como nos informa [9], devido ao potencial de risco de explosão oferecido por esses equipamentos, no Brasil, ainda na década de 1970, o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) criou as Normas Regulamentadoras do Trabalho, conhecidas como NR's. E entre essas normas, a NR-13 (Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento) [7]. Também foi criada pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) a norma NBR 12177 (Caldeiras Estacionárias a Vapor – Inspeção de Segurança) [1]. Juntas, essas normas regem sobre a instalação, operação, inspeção e manutenção desses equipamentos, estabelecendo requisitos técnicos e jurídicos, buscando prevenir, reduzir ou minimizar o risco de acidentes nos equipamentos por ela regulamentados. Ainda sobre esses equipamentos, a ABNT também criou as normas NBR 16528 (Caldeiras e vasos de pressão) [3] e NBR 16035 (Caldeiras e vasos de pressão - Requisitos mínimos para a construção) [2].

Além das normas brasileiras citadas, também é muito utilizado no Brasil, as normas internacionais ASME (American Society of Mechanical Engineers), uma associação de profissionais da engenharia que gerou um projeto de código, construção, inspeção e testes de equipamentos, incluindo caldeiras e vasos de pressão, fundada em 1880 nos EUA [10], e [11]. Foi criada no início do século XX nos EUA, após a ocorrência de inúmeros acidentes e explosões envolvendo caldeiras e vasos de pressão ocorridos naquele período de rápida expansão e mecanização industrial daquele país.

Falhas de projeto, manutenção e/ou operação dos vasos de pressão e caldeiras, podem torná-los perigosos, e até provocar

graves acidentes. Por isso, é grande a responsabilidade dos profissionais habilitados (PH) e proprietários desses equipamentos, no que se refere ao projeto, instalação, manutenção e gerenciamento de uso dos mesmos.

O objetivo do estudo mostrado neste artigo foi fazer uma abordagem dos procedimentos utilizados na inspeção de 25 anos de uma caldeira flamotubular localizada em uma empresa de concentrados do Polo Industrial de Manaus. Assim, averiguou-se a conformidade do vaso inspecionado em relação às normas NR-13 e ASME.

## II. METODOLOGIA

Neste trabalho utilizou-se como referência as equações de projeto da ASME e adaptações foram feitas em relação aos símbolos de representação das variáveis, objetivando melhor compreensão dos cálculos, tendo por base os dados apresentados pelo prontuário (Figura 1), que infelizmente não traz a memória de cálculo original do projeto, então essa memória de cálculo teve que ser criada e anexada ao prontuário.

No prontuário consta especificação da chapa metálica do corpo da caldeira (costado), aço ASTM A-516.

A espessura atual da chapa do vaso foi obtida através de aparelho de medição por ultrassom.

Foi realizada uma inspeção visual, ensaio não destrutivo (END), revisão e atualização das informações do prontuário da caldeira.

### II.1 IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO

A imagem do prontuário original não foi disponibilizada pelo proprietário para anexar neste trabalho, porém as suas informações puderam ser acessadas. Nas figuras a seguir consta a transcrição de suas informações, que fazem parte do relatório de inspeção realizado.

A figura 1 mostra dados do Prontuário da caldeira, base de estudo desse trabalho. Nele são apresentados dados básicos do vaso. Na figura 2 são apresentados os dados de instalação do equipamento. Na figura 3 são mostrados os dados de documentação da caldeira. A figura 4 mostra os dados da placa de identificação, que estavam quase ilegíveis. Todos esses dados foram revisados conforme as normas ASME e NR13.

|                            |                         |                           |                           |                           |
|----------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Equipamento:               |                         |                           | TAG:                      |                           |
| CALDEIRA ATA16 H3N         |                         |                           | CALDEIRA nº 2             |                           |
| Fabricante:                |                         | Modelo:                   | No. Série:                | Ano:                      |
| ATA Combustão Técnica Ltda |                         | ATA 16 H3N                | 8921                      | 1993                      |
| Código de Projeto:         |                         | Tipo:                     | Vertical/Horizontal:      | Categoria:                |
| ASME I (1992)              |                         | Flamotubular              | Horizontal                | B                         |
| Capacidade:                | Pressão Operação:       | Pressão Projeto:          | PMTA:                     | Pressão Teste:            |
| 2.500 kg/h                 | 9,0 kgf/cm <sup>2</sup> | 10,55 kgf/cm <sup>2</sup> | 10,55 kgf/cm <sup>2</sup> | 15,82 kgf/cm <sup>2</sup> |
| Volume:                    | Comprimento:            | Diâmetro:                 | Área de Aquecimento:      | Combustível:              |
| 4,5 m <sup>3</sup>         | 4120 mm                 | 1760 mm                   | 85 m <sup>2</sup>         | Óleo BPF                  |

Figura 1: Identificação da caldeira.

Fonte: Autores, (2019).

|   |                |   |                 |
|---|----------------|---|-----------------|
| Empresa:  |                |   |                 |
| Endereço:   |                | Bairro:                                 |                 |
| Av. Buriti, 190   |                | Distrito Industrial                     |                 |
| CEP:  | Cidade:        | Estado:                                 |                 |
| 69075-000   | Manaus         | AM                                      |                 |
| Área/Setor:   |                |   | Aberto/Fechado: |
| Utilidades – Casa de Caldeiras  |                |   | Fechado         |
| <b>Requisitos de Instalação para Ambiente Fechado NR-13 (Item 13.4.2.4)</b> |                |   |                 |
| <b>Item</b>   | <b>Sim/Não</b> | <b>Item</b>                             | <b>Sim/Não</b>  |
| Prédio separado (13.4.2.4(a))   | SIM            | Local exclusivo (13.4.2.4(e))           | SIM             |
| Duas saídas (13.4.2.4(b))   | SIM            | Fácil acesso Oper. Manut. (13.4.2.4(f)) | SIM             |
| Ventilação Permanente (13.4.2.4(c))   | SIM            | Sistema de lanç. de gases (13.4.2.4(g)) | SIM             |
| Sensor de gás (13.4.2.4(d))   | N/A            | Iluminação (13.4.2.4(h))                | SIM             |
| Projeto Alternativo de Instalação (13.4.2.5):                               |                |   | N/A             |

Figura 2: Dados de instalação da caldeira.  
Fonte: Autores, (2019).

| Documentação NR-13 (Item 13.4.1.6)  | Sim/Não/Parcial        |
|---|------------------------|
| Prontuário da caldeira (13.4.1.6(a))  | SIM <sup>(1)</sup>     |
| - Código de projeto e ano de edição   | SIM                    |
| - Especificação dos materiais   | SIM                    |
| - Procedimentos utilizados na fabricação, montagem e inspeção final                             | PARCIAL <sup>(2)</sup> |
| - Metodologia para estabelecimento da PMTA  | NÃO <sup>(3)</sup>     |
| - Registros da execução do teste hidrostático de fabricação                                     | SIM                    |
| - Conjunto de desenhos e demais dados necessários para o monitoramento da vida útil da caldeira | PARCIAL <sup>(4)</sup> |
| - Características funcionais  | SIM                    |
| - Dados dos dispositivos de segurança   | PARCIAL <sup>(5)</sup> |
| - Ano de fabricação   | SIM                    |
| - Categoria da caldeira   | SIM                    |
| Registro de Segurança (13.4.1.6(b))   | SIM                    |
| Projeto de instalação (13.4.1.6(c))   | NÃO <sup>(6)</sup>     |
| Projeto de alteração e reparo (13.4.1.6(d))   | N/A                    |
| Relatório de inspeção de segurança (13.4.1.6(e))  | SIM                    |
| Certificado de calibração dos dispositivos de segurança (13.4.1.6(f))                           | SIM                    |
| Manual de operação (13.4.3.1)   | SIM                    |

Notas:

- (1) A caldeira dispõe de 2ª via do prontuário do fabricante;
- (2) No prontuário são apresentados o gráfico de recozimento, certificado de teste hidrostático;
- (3) Não há no prontuário uma memória de cálculo ou qualquer informação referente às espessuras mínimas;
- (4) Há somente um desenho de conjunto, sem qualquer desenho de detalhe. Os dados informados não são suficientes para o monitoramento da vida útil;
- (5) Há, na pasta da caldeira nº 02, dados dos dispositivos de segurança. Porém sem informação dos orifícios das PSVs (Válvulas de Segurança e Alívio - Pressure Safety Valve);
- (6) Não há, na pasta da caldeira nº 02, o projeto de instalação.

Figura 3: Dados da documentação da caldeira.  
Fonte: Autores, (2019).

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| Proprietário:                                   |                                      |
| Endereço:                                       |                                      |
| Av. Buriti, Distrito Industrial – Manaus/AM     |                                      |
| CNPJ:   |                                      |
| Fabricante:                                     |                                      |
| ATA Combustão Técnica S/A - AALBORG             |                                      |
| Endereço do Fabricante:                         |                                      |
| Rua Divino Espírito Santo, 1100 – Petrópolis/RJ |                                      |
| Ano de Fabricação:                              |                                      |
| 1993  |                                      |
| Tipo:   | Modelo:                              |
| ATA16   | H3N                                  |
| Superfície de Aquecimento:                      | Produção de Vapor:                   |
| 85 m <sup>2</sup>                               | 2500 kg/h                            |
| PMTA:   | Teste Hidrostático:                  |
| 150 psig – 10,55 kgf/cm <sup>2</sup>            | 225 psig – 15,82 kgf/cm <sup>2</sup> |
| Número de Ordem:                                | Categoria:                           |
| 8921  | B                                    |
| Código de Projeto:                              |                                      |
| ASME I 1992                                     |                                      |

Figura 4: Dados da placa de identificação da caldeira.  
Fonte: Autores, (2019).

## II.2 EXAMES REALIZADOS – INSPEÇÃO DA CALDEIRA

Foram abertas as tampas traseira e dianteira da fornalha, além da boca de visita na região superior do casco e bocas de inspeção na parte inferior do casco. Assim, foram realizados:

- Teste de Estanqueidade, na PMTA (10,55 kgf/cm<sup>2</sup>) para a detecção de possíveis vazamentos.
- Exame Externo, com acesso pelo lado do fogo aos espelhos traseiro e dianteiro, fornalha e tubos. Foram abertas janelas no isolamento do costado para medição de espessura da chapa.
- Exame Interno, com acesso pelo lado da água ao costado, fornalha (lado água) e tubos.
- Ensaio de Líquido Penetrante em toda a extensão dos espelhos dianteiro e traseiro pelo lado do fogo, para a identificação de possíveis trincas no mesmo.
- Teste Hidrostático, na pressão de 15,82 kgf/cm<sup>2</sup> em conformidade com a NR-13.
- Medição por Ultrassom para verificação da espessura atual das chapas metálicas e comparado os resultados obtidos com o prontuário para poder estipular a vida útil remanescente do equipamento.



Figura 5: Vista geral da caldeira nº2.  
Fonte: Autores, (2019).

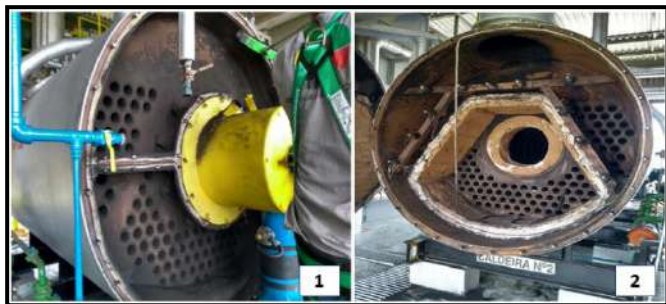


Figura 6: Vistas frontal (1) e traseira (2) dos espelhos.  
Fonte: Autores, (2019).



Figura 7: Abertura de janelas no isolamento para medição do casco cilíndrico nas laterais da caldeira.  
Fonte: Autores, (2019).



Figura 8: Medição do casco cilíndrico pelas janelas abertas no isolamento.  
Fonte: Autores, (2019).



Figura 9: Medição interna do casco cilíndrico pelo lado da água e tubos.  
Fonte: Autores, (2019).



Figura 10: Aplicação de líquido penetrante (END).  
Fonte: Autores, (2019).

### III. MAPA DE MEDIÇÃO DE ESPESSURAS

A figura 11 mostra os pontos onde foram abertas as janelas no isolamento para fazer as medições de espessura da chapa e a figura 12 mostra os pontos medidos nos espelhos.

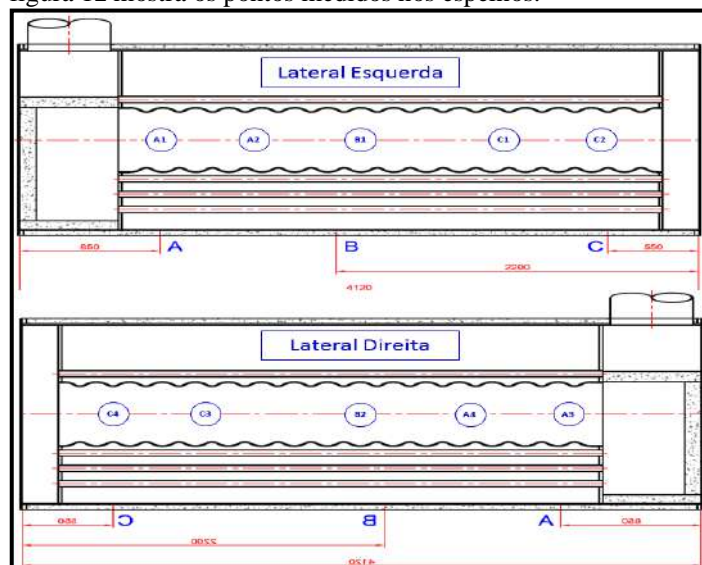


Figura 11: Mapa dos pontos de medição das laterais da fornalha (casco), A1, A2, B1, C1, C2 e A3, A4, B2, C3, C4.  
Fonte: Autores, (2019).

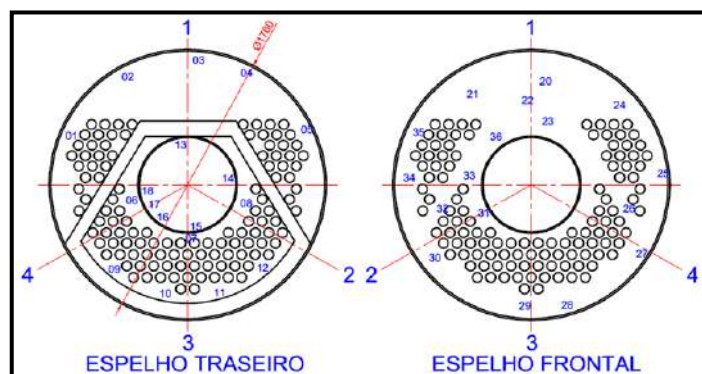


Figura 12: Mapa dos pontos de medição dos espelhos (numerados na cor azul).  
Fonte: Autores, (2019).

Tabela 1: Tabela de espessuras medidas por ultrassom

| Casco Cilíndrico |             | Espelho Traseiro |             | Espelho Frontal |             | Tubo-Fornalha |            |
|------------------|-------------|------------------|-------------|-----------------|-------------|---------------|------------|
| Pto              | Espessura   | Pto              | Espessura   | Pto             | Espessura   | Pto           | Espessura  |
| A1               | 12,2        | 01               | 18,5        | 20              | 18,6        | 13            | 10,3       |
| A2               | 13,3        | 02               | 18,7        | 21              | 18,5        | 14            | 10,4       |
| A3               | <b>11,8</b> | 03               | 18,7        | 22              | 19,8        | 15            | 10,3       |
| A4               | 12,0        | 04               | 18,8        | 23              | 18,5        | 16            | 9,0        |
| B1               | 11,9        | 05               | 18,7        | 24              | 19,3        | 17            | <b>8,8</b> |
| B2               | 11,8        | 06               | 18,7        | 25              | 18,7        | 18            | 8,9        |
| C1               | 12,2        | 07               | 18,7        | 26              | 18,5        |               |            |
| C2               | 12,1        | 08               | 18,8        | 27              | 18,6        |               |            |
| C3               | 11,9        | 09               | <b>18,5</b> | 28              | 18,7        |               |            |
| C4               | 13,3        | 10               | 18,6        | 29              | 18,7        |               |            |
|                  |             | 11               | 18,7        | 30              | 18,5        |               |            |
|                  |             | 12               | 18,5        | 31              | <b>18,4</b> |               |            |
|                  |             |                  |             | 32              | 18,6        |               |            |
|                  |             |                  |             | 33              | 18,6        |               |            |
|                  |             |                  |             | 34              | 18,5        |               |            |
|                  |             |                  |             | 35              | 18,5        |               |            |
|                  |             |                  |             | 36              | 19,8        |               |            |

Fonte: Autores, (2019).

Os tubos não foram medidos, pois, a espessura nominal (2,65 mm), é menor do que a capacidade do medidor (3,0 mm) em tubos.

Medidor de Espessura por Ultrassom:

Marca: .....AKSO  
 Modelo: .....AK-841  
 No. de Série: .....AKLA00564  
 Escala: .....1,2 a 220 mm (em aço)  
 Velocidade: .....5900 m/s  
 Frequência: .....5 MHz  
 Calibrado em: 20/06/2017 - Válido até: 05/2019

A figura 13 exemplifica os tipos de medição das chapas:

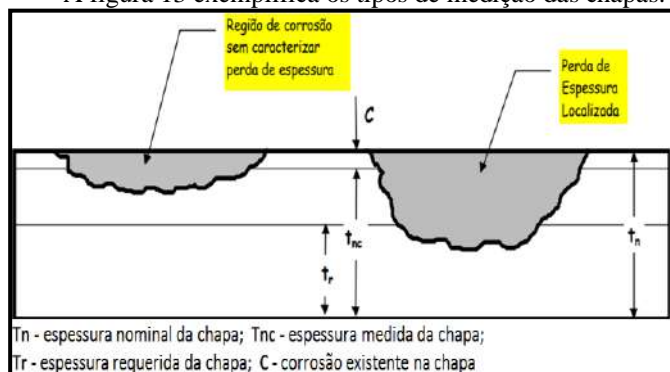


Figura 13: Tipos de medição.

Fonte: [8].

#### IV AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE

O prontuário da caldeira nº 02, fornecido pelo proprietário, não apresenta memórias de cálculo ou espessuras mínimas das chapas, dados essenciais para a avaliação da integridade da caldeira (PMTA), ao compará-los com os valores de medição atuais.

Na seção 4.1 são apresentados os cálculos das espessuras requeridas em função da pressão de projeto especificada no prontuário, 10,55 kgf/cm<sup>2</sup> (1,034 MPa).

##### IV.1 CÁLCULOS DAS ESPESSURAS MÍNIMAS REQUERIDAS E PMTA

As partes da caldeira serão calculadas para as seguintes condições de projeto:

Pressão de projeto (P) (Definida no prontuário) 150 psi (1,034 MPa ou 10,55 kgf/cm<sup>2</sup>).

A temperatura de projeto será a temperatura do vapor saturado a 10,55 kgf/cm<sup>2</sup>, (185,5°C), mais 100°F (38°C). Temperatura de Projeto (T) 223,5°C.

##### IV.2 ESPESSURA MÍNIMAS REQUERIDAS DO TUBO FORNALHA

Tipo:.....Corrugado – Fox  
 Diâmetro Interno (D):.....621,5mm  
 Material:.....A-285-C  
 Pressão Externa de Projeto (P):.....1,034MPa  
 Temperatura de Projeto:.....224°C  
 Tensão Admissível à Tração (S):.....108MPa  
 Gráfico de Pressão Externa:.....CS-2  
 Eficiência Juntas Longitudinais:.....100%  
 Eficiência Juntas Circunferenciais:.....90%  
 Espessura Nominal:.....9,50mm  
 Espessura Mínima Requerida:.....8,00 mm

O parágrafo PFT-18.1 do código ASME I [4], pag. 178, apresenta o cálculo da PMTA (P) das fornalhas corrugadas como:

$$P = Ct/D \quad (1)$$

Rearranjando a equação, a espessura requerida (t) é dada por:

$$t = PD/C \quad (2)$$

Onde:

T é espessura requerida.

P é a pressão de projeto.

D é o diâmetro médio. Como não foi levantado o dimensional detalhado da fornalha, será adotado como D, o diâmetro informado no prontuário, que corresponde ao diâmetro interno da seção maior da fornalha, 621,5mm.

C é uma constante, função do tipo de fornalha. Para fornalha tipo Fox, com corrugação até 200 mm de centro a centro e não menor do que 38 mm de profundidade, C = 97.

Substituindo:

$$t = 1,034 * 621,5/97 \therefore t = 6,625 \text{ mm}$$

Ainda segundo o parágrafo PFT-18.1, a espessura de uma fornalha corrugada tipo Fox não pode ser menor do que 8,0mm.

A mínima espessura requerida da fornalha é o maior entre t calculado por PFT-18.1 e a mínima espessura imposta pelo mesmo parágrafo (8 mm). Assim, a Espessura Mínima Requerida do tubo fornalha é (t): 8,0mm.

##### IV.3 ESPESSURA MÍNIMAS REQUERIDAS DOS ESPELHOS

Tipo:.....Plano – estaiado  
 Diâmetro Externo (D):.....1760mm  
 Material:.....A-516-60  
 Pressão Externa de Projeto (P):.....1,034MPa  
 Temperatura de Projeto:.....224°C  
 Tensão Admissível à Tração (S):.....118MPa  
 Gráfico de Pressão Externa:.....CS-2  
 Espessura Nominal:.....9,34mm

A espessura requerida de espelhos planos estaiados é dada por [4]:

$$t = p \sqrt{\frac{P}{sc}} \quad (4.3)$$

Onde:

p é a distância entre centros dos estais. Medido no local, 148 mm.

P é a pressão de projeto;

S é a tensão admissível à tração da chapa;

C é uma constante. Para estais soldados em placas acima de 11 mm, C = 2,2, conforme [4].

Substituindo:

$$t = 148 \sqrt{\frac{1,034}{118*2,2}} \therefore t = 9,34 \text{ mm}$$

De acordo com [4], a mínima espessura de qualquer chapa da caldeira é 6,0mm. Portanto, a espessura mínima requerida do casco cilíndrico é 9,34mm.

## IV.4 ESPESSURA MÍNIMAS REQUERIDAS DO CASCO

Tipo:.....Cilíndrico  
 Diâmetro Externo (D):.....1760 + 2 x 12,5 = 1785mm  
 Material:.....A-516-60  
 Pressão Interna de Projeto (P):.....1,034MPa  
 Temperatura de Projeto:.....224°C  
 Tensão Admissível à Tração (S):.....118MPa  
 Eficiência Juntas Longitudinais:.....90%  
 Eficiência Juntas Circunferenciais:.....90%  
 Espessura Nominal:.....12,50mm  
 Espessura Mínima Requerida:.....8,65mm

A espessura requerida do casco cilíndrico é dada em PG-27.2.2 [4], pag. 19 por:

$$t = \frac{PD}{2SE+2yP} + C \quad (4)$$

Onde:

C é mínima espessura admitida para rosqueamento e estabilidade estrutural. Conforme PG-27.4.3 [4], pag. 20, para a determinação da espessura mínima requerida após a corrosão, C = 0.

D é o diâmetro externo do cilindro.

E é a eficiência.

P é a pressão máxima de trabalho admissível.

S é a tensão admissível a tração.

y é o coeficiente de temperatura.

Conforme PG-27.4.6 [4], pag. 21, para a temperatura de projeto de 224°C, y = 0,4.

Substituindo:

$$t = \frac{1,034 * 1785}{(2 * 118 * 0,9) + (2 * 0,4 * 1,034)} + 0 \quad \therefore t = 8,65 \text{ mm}$$

De acordo com PG-16.3 [4], pag. 11, a mínima espessura de qualquer chapa da caldeira é 6,0mm. Portanto, a espessura mínima requerida do casco cilíndrico é 8,65mm.

## IV.5 ESPESSURA MÍNIMAS REQUERIDA DOS TUBOS

Tipo:.....Espirado  
 Diâmetro Externo (D<sub>0</sub>):.....63,5mm  
 Material:.....ASTM-178-A  
 Pressão Externa de Projeto (P):.....1,034MPa  
 Temperatura de Projeto:.....224°C  
 Tensão Admissível à Tração (S):.....78,6MPa  
 Espessura Nominal:.....2,65mm  
 Espessura Mínima Requerida (t):.....1,49mm  
 Gráfico de Pressão Externa:.....CS-1

Os tubos estão sujeitos à pressão externa. O código ASME não apresenta uma equação analítica para o cálculo da espessura em função da pressão, mas somente a pressão admissível em função da espessura. Após diversas iterações, chegou-se aos seguintes valores:

A espessura requerida dos tubos é dada em PG-28.3.1.2 [4], pag. 23) por:

Relação D<sub>0</sub>/t:.....42,62  
 Relação L/D<sub>0</sub>:.....(será adotado L/D<sub>0</sub> = 50 na figura G).51,97  
 Fator A da figura G em [5], pag. 795 :.....0,0006  
 Fator B da figura CS-1 [5], pag. 796) :.....32,94Mpa

As relações foram obtidas por:

$$\text{Relação} = \frac{D_0}{t} \Rightarrow \frac{63,5}{1,49} \Rightarrow 42,62 \quad (5)$$

$$\text{Relação} = \frac{L}{D_0} \Rightarrow \frac{3300}{63,5} \Rightarrow 51,96 \quad (6)$$

A pressão admissível (P<sub>a</sub>) é dada em PG-28.3.1.2 step 6 por:

$$P_a = \frac{4B}{3(D_0/t)} \quad (7)$$

Onde:

B é o fator lido na figura CS-1, a partir do fator A e da temperatura;

Do/t é a relação entre diâmetro externo e a espessura calculada acima.

Substituindo:

$$P_a = \frac{4 * 32,94}{3(42,62)} \therefore P_a = 1,034 \text{ MPa}$$

Para uma espessura de 1,49mm

## V. TESTE HIDROSTÁTICO

Foi realizado Teste Hidrostático na caldeira após a realização dos exames externo e interno, ensaio de líquido penetrante nos espelhos e verificação da PMTA em função das espessuras medidas.

O Teste Hidrostático foi realizado com o objetivo principal de detectar possíveis vazamentos nos tubos e fornalha e foi realizado na pressão de 16 kgf/cm<sup>2</sup>, conforme descrito na placa de identificação e determinado pela norma ASME I. A pressurização do equipamento foi feita através da operação manual da bomba de água da própria caldeira nº 02, inicialmente até a PMTA (10,55 kgf/cm<sup>2</sup>).

Corrigidos os vazamentos possíveis, em especial pela válvula de alimentação da rede de vapor, a pressão foi elevada até a pressão de teste (15,82 kgf/cm<sup>2</sup>).

A caldeira foi então deixada repousar pressurizada pelo prazo de 30 minutos, sendo observada uma queda de pressão de 3 kgf/cm<sup>2</sup>, porém sem a detecção de vazamentos no corpo da caldeira, costado, espelhos, tubos e fornalha.

## VI. RESULTADOS E DISCUSSÕES

## VI.1 RESUMO DAS ESPESSURAS NOMINAIS E REQUERIDAS

A tabela 2 mostra um resumo com as espessuras Nominais de acordo com a especificação das chapas e Requeridas de acordo com os cálculos, características do projeto e dados do prontuário.

Tabela 2: Resumo das espessuras nominais e requeridas

| Parte            | Espessura Nominal (mm) | Espessura Requerida (mm) |
|------------------|------------------------|--------------------------|
| Casco Cilíndrico | 12,5                   | 8,65                     |
| Espelhos         | 19                     | 9,34                     |
| Tube-Fornalha    | 9,5                    | 8                        |
| Tubos            | 2,65                   | 1,49                     |

Fonte: Autores, (2019).

Logo no início deste estudo, se constatou que no prontuário da caldeira apresentado pelo proprietário, não tinha todas as informações necessárias de acordo com a NR-13 para confrontar a inspeção atual com as inspeções anteriores.

Foram detectadas as seguintes falhas no prontuário conforme NR-13 [7], item 13.4.1.6:

- O projeto de instalação da caldeira não foi localizado.
- Ausência de metodologia (memória de cálculo) para estabelecimento da PMTA com as espessuras mínimas das chapas.
- Ausência de desenhos e demais dados necessários para o monitoramento da vida útil da caldeira. Havia somente um desenho de conjunto, porém sem qualquer desenho de detalhe, com dados insuficientes para o monitoramento da vida útil.
- Dados dos dispositivos de segurança insuficientes, pois não havia informação dos orifícios das PSVs (Válvulas de Segurança e Alívio - Pressure Safety Valve).

## VI.2 CÁLCULO DA VIDA REMANESCENTE

Junto ao prontuário da caldeira nº 02, objeto deste estudo, foi localizado relatórios de inspeções anteriores, a partir do ano 2015, que são mostrados na tabela 3.

Tabela 3: Mínimas espessuras registradas em inspeções anteriores

| Espessura (mm)       | Parte            |                 |                  |               |       |
|----------------------|------------------|-----------------|------------------|---------------|-------|
|                      | Casco Cilíndrico | Espelho Frontal | Espelho Traseiro | Tubo-Fornalha | Tubos |
| Nominal              | 12,5             | 19,0            | 19,0             | 9,5           | 2,65  |
| Requerida            | 8,65             | 9,34            | 9,34             | 8,0           | 1,49  |
| Medida em 07/04/2015 | X                | 19,0            | 19,0             | X             | X     |
| Medida em 27/05/2016 | X                | 19,0            | 19,0             | X             | X     |
| Medida em 06/01/2017 | X                | X               | X                | X             | X     |
| Medida em 16/02/2018 | X                | 19,3            | 19,5             | 9,8           | X     |
| Medida em 29/02/2019 | 11,8             | 18,4            | 18,5             | 8,8           | 3,3   |

Fonte: Autores, (2019).

Da tabela acima é possível se observar que as medições realizadas em 2018 apresentam valores maiores do que as medições anteriores e, até mesmo, do que as espessuras nominais das chapas. Além disso, todas as medições estão acima das medições anteriores, o que indica um possível erro sistemático das medições. Assim, essas medições não serão consideradas.

Pelas medições anteriores, de 2015 e 2016, é possível assumir que não houve uma perda significativa de espessura desde a instalação até essa data, já que as espessuras dos espelhos (únicas medidas) permaneceram as mesmas da nominal. É importante ressaltar que até a presente inspeção não havia sido feita qualquer medição no casco cilíndrico.

Assim, assumindo que a perda de espessura, desde a nominal até o último valor medido, ocorreu a partir de 05/2016, ou seja, em 43 meses, temos uma taxa de perda de espessura conforme a tabela 4:

Tabela 4: Taxa de perdas de espessura

|                                      | Parte            |                 |                  |               |       |
|--------------------------------------|------------------|-----------------|------------------|---------------|-------|
|                                      | Casco Cilíndrico | Espelho Frontal | Espelho Traseiro | Tubo-Fornalha | Tubos |
| Espessura Nominal (até 05/2016) (mm) | 12,5             | 19,0            | 19,0             | 9,5           | 2,65  |
| Espessura Medida em 29/02/2019 (mm)  | 11,8             | 18,4            | 18,5             | 8,8           | -     |
| Taxa de Perda de Espessura (mm/mês)  | 0,016            | 0,014           | 0,012            | 0,016         | -     |
| Espessura Mínima Requerida (mm)      | 8,65             | 9,34            | 9,34             | 8,0           | 1,49  |
| Sobreespessura Remanescente (mm)     | 3,15             | 9,06            | 9,16             | 0,8           | -     |
| Tempo até a Esp. Requerida (meses)   | 196              | 647             | 763              | 50            | -     |
| Tempo até a Esp. Requerida (anos)    | 16               | 53              | 63               | 4             | -     |

Fonte: Autores, (2019).

Essa perda de espessura ocorreu no lado da água e é provável que tenha ocorrido por causa de variações no tratamento de água, como um aumento do oxigênio dissolvido. Com um melhor controle do tratamento de água é possível reduzir essa taxa de corrosão.

Além da perda geral de espessura, foram observadas áreas de corrosão localizada, especialmente nos tubos e fornalha, pelo lado da água, conforme visto na figura 14.



Figura 14: Exame interno e amostra de ferrugem retirada.

Fonte: Autores, (2019).

Em razão dessa corrosão localizada é possível que, ainda que haja alguma sobreespessura nas diversas partes da caldeira, venham a ocorrer furos e vazamentos nos tubos ou, eventualmente, na fornalha. Portanto, mantidas as condições atuais, e de acordo com os cálculos realizados, a vida remanescente da caldeira é de 4 (quatro) anos, conforme tabela 4, porém sujeita a eventuais furos nos tubos devido à corrosão detectada.

## VI.3 COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

Este trabalho não teve um embasamento teórico tão abrangente como TREVELIM (2013), mas seguiu o mesmo raciocínio deste e mostrou que mesmo usando cálculos mais simples e com menos informações de referência disponíveis (prontuário), porém, seguindo o código ASME, a norma NR-13, e as NBR 12177 e NBR 16035, os resultados obtidos com a avaliação e inspeção foram suficientes para emitir um laudo técnico do estado atual da caldeira, bem como estimar a sua vida útil remanescente.

## VII. CONCLUSÃO

Este trabalho teve por finalidade mostrar, de forma resumida, porém bem ilustrada, os procedimentos adotados para realizar inspeção e ensaio não destrutivo (END) em uma caldeira, utilizando um caso real de uma inspeção realizada para fornecer os dados e procedimentos aqui contidos. Portanto, diante da condição encontrada no momento da inspeção e depois de feita toda a análise técnica, conclui-se que a caldeira pode operar com segurança pelo prazo máximo de quatro anos, a contar da data desta inspeção.

Este resultado só comprova a necessidade das inspeções periódicas previstas na NR-13, e porque devem ser rigorosamente seguidas, além da precisão técnica e abrangente do código ASME.

Espera-se que as informações aqui expostas possam contribuir para o estudo das inspeções de caldeiras.

## VIII. REFERÊNCIAS

- [1] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12177: Caldeiras estacionárias a vapor - Inspeção de segurança. Rio de Janeiro, 1999.



[2] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16035: Caldeiras e vasos de pressão – Requisitos mínimos para a construção. Rio de Janeiro, 2012.

[3] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16528: Caldeiras e vasos de pressão – Requisitos de desempenho. Rio de Janeiro, 2008.

[4] ASME - Boiler and Pressure Vessel Code – Section I - Rules for Construction of Power Boilers - ASME BPVC.I-2015

[5] ASME - Boiler and Pressure Vessel Code – Section II - Rules for Construction of Power Boilers - ASME BPVC.II-2015

[6] ASME - Boiler and Pressure Vessel Code – Section VIII - Rules for Construction of Power Boilers - ASME BPVC.VIII-2015.

[7] BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 13 – Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento. Disponível em: < [http://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/56127453/do1-2018-12-20-portaria-n-1-082-de-18-de-dezembro-de-2018-56127448](http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/56127453/do1-2018-12-20-portaria-n-1-082-de-18-de-dezembro-de-2018-56127448)>. Acesso em 15/05/2019.

[8] Pereira, João Bosco Santini - Curso de avaliação de integridade - CAPÍTULO V – Introdução à Critérios de Avaliação – Perdas de Espessura em Equipamentos. Disponível em: <<http://www.petroblog.com.br/wp-content/uploads/Curso-Petrobras-CapV-Perdas-de-Espessura1.pdf>> Acesso em: 16/05/2019.

[9] Reinberg, Cristiane Oliveira - O processo de elaboração das Normas Regulamentadoras ao longo da história e a participação da FundaCentro – 2018. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/cursos-e-eventos/detalhe-do-evento/2018/10/fisp-o-processo-de-elaboracao-das-normas-regulamentadoras-ao-longo-da-historia-e-a>>. Acesso em: 16/05/2019

[10] Roberto, Fábio – 2016 - Como surgiu a Norma ASME - Disponível em :< <https://www.linkedin.com/pulse/hist%C3%B3ria-da-norma-asme-fabio-roberto>> Acesso em: 13/05/2019.

[11] Torreira, R. Peragallo. Geradores de vapor. São Paulo: Cia Melhoramentos, 1995.

[12] Trevelim, Wagner José - Caldeiras Flamotubulares - Reconstituição De Prontuários – 2013 – Revista REFAF ISSN: 2238-5479. Disponível em: < <http://faflor.com.br/revistas/refaf/index.php/refaf/issue/view/5>> Acesso em : 15/05/2019

## PROPOSAL FOR IMPROVEMENT IN THE CONFIGURATION OF THE SUPPLY LINE IN A MOTORCYCLE COMPANY IN THE CITY OF MANAUS-AM

Adaias Marinho de Souza<sup>1</sup>, Diego Rafael Gondim Barbosa Peso<sup>2</sup>, Anderson de Oliveira Castro<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Centro Universitário do Norte – UNINORTE - Laureate Universities, Brasil, Rua Leonardo Malcher, 715 – Centro, Manaus/AM.

Email: [simone.adaias@gmail.com](mailto:simone.adaias@gmail.com), [rpesoo@gmail.com](mailto:rpesoo@gmail.com), [anderson.castro@uninorte.com.br](mailto:anderson.castro@uninorte.com.br)

Received: May 24<sup>th</sup>, 2019

Accepted: June 14<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

The need to remain competitive in such a dynamic and demanding market has constrained many companies to seek tools and methods that can add value to the brand and eliminate waste, due to the parameters of economy, efficiency and sustainability being globalized world. Thus, the objective of this article is to develop a proposal for improvement in the line supply setup at a motorcycle company in the city of Manaus-AM, seeking to solve the problem of the delay in feeding the Hardware in the production process stations. As a methodology for carrying out this work, the case study was used. The results were evidenced with the use of the tray with hives that, when used before the assembly process, avoids delay in the production process, bringing with it numerous advantages, among them: agility in feeding the Hardware in the processes of assembly line, Mounting and Mounting the Engine, reducing the feeding time from 00:59 minutes to 00:00 minutes each Kit and clearing the aisle at the time of feeding. The relevance of this research is based on the implementation of the same activities that this study covers in other manufacturing processes that involve improvements in the provisioning or feeding setup in large motorcycle companies, among others in general.

**Keywords:** setup. assembly line. motorcycles. hive tray. hardware.

## PROPOSTA DE MELHORIA NO SETUP DE ABASTECIMENTO DE LINHA EM UMA EMPRESA DE MOTOCICLETAS DA CIDADE DE MANAUS-AM

### RESUMO

A necessidade de manter a competitividade num mercado tão dinâmico e exigente tem coagido muitas empresas a buscar ferramentas, e métodos que possam agregar valor à marca e que elimine os desperdícios, devido aos parâmetros de economia, eficiência e sustentabilidade estarem em alta no modelo atual do mundo globalizado. Dessa forma, o objetivo desse artigo é desenvolver uma proposta de melhoria no setup de abastecimento de linha em uma empresa de motocicletas da Cidade de Manaus-AM, buscando solucionar a problemática da demora na alimentação do Hardware nos postos do processo produtivo. Como metodologia para realização deste trabalho, utilizou-se o estudo de caso. Os resultados foram evidenciados com a utilização da bandeja com colmeia que ao ser usada antes do processo de montagem, evita atraso no processo produtivo, trazendo consigo inúmeras vantagens, dentre elas: a agilidade na alimentação do Hardware nos processos de linha de montagem, Sub-Montagem e Montagem do Motor, a redução do tempo de alimentação de 00:59 minutos para 00:20 minutos a cada Kit e a desobstrução do corredor no momento de alimentação. A relevância desta pesquisa está pautada na efetivação das mesmas atividades que este estudo elenca em outros processos fabris que envolvem melhorias no setup de abastecimento ou alimentação em grandes empresas de motocicletas dentre outras de um modo geral.

**Keywords:** Setup. Linha de Montagem. Motocicletas. Bandeja Colmeia. Hardware.

## I. INTRODUÇÃO

No cenário atual das grandes fábricas pertencentes ao Polo Industrial de Manaus (PIM), percebe-se que houve uma considerável mudança no perfil estratégico de vários setores que compõem o sistema integrado de abastecimento de produtos, sofrendo, ao longo dos anos, extremas alterações em um curto espaço de tempo [1].

Em um olhar analítico o que se pode ver são indústrias sendo desafiadas a buscarem novas ferramentas de renovação e modelos inovadores, devido ao atual contexto econômico, convivendo diariamente com a constante luta de se reduzir custos para manter a competitividade. É importante ressaltar que, o que realmente assegura a conservação das empresas é a garantia de sua competitividade, sendo que esta concorrência é decorrente da produtividade, que por sua vez decorre da qualidade.

Uma realidade vivenciada pela maioria das empresas localizadas em Manaus se concentra na problemática de que boa parte de seu faturamento é perdido devido a questões internas. Geralmente, essas perdas são provenientes de produtos defeituosos, perda de produção por paradas de equipamentos, excesso de estoque, excesso de consumo de energia, refugos por qualidade, retrabalho de toda natureza, erro no faturamento etc. [1,2].

Outro ponto característico do sucesso da empresa e que consequentemente influencia diretamente no seu faturamento e no valor final do produto é o tempo de Setup, uma palavra de origem inglesa que significa organização e regulagem temporal, sendo este um dos principais problemas enfrentados pelas empresas [3,4,5].

Em um conceito generalizado a utilização do termo Setup normalmente é voltada para o tempo consumido relacionado com a preparação dos recursos, algo indesejável, entretanto necessário ao processo produtivo [6,7]. Nesse ponto, o setup torna-se um modelo padrão típico de desperdício, não agregando valor ao produto final e, portanto, seu valor deve ser reduzido ao máximo. É com bases nestes princípios que as fábricas buscam melhorias em seus processos de forma a estudar e agir sobre as causas obtendo como resultado a redução destes efeitos.

Desse modo, a busca por novos instrumentos metodológicos e novas técnicas que otimizem o processo de alimentação de qualquer empresa, com o intuito de identificar os maiores problemas e por intermédio de análises encontrar uma possível solução, levando em consideração a minimização ou mesmo a eliminação do tempo de setup, tornou-se indispensável nas pesquisas direcionadas para essa temática em se tratando das grandes engenharias.

Em toda e qualquer fábrica, verifica-se em seu modelo de processo produtivo que, existe a necessidade da avaliação do tempo de preparação para sua realização, seja em processos mais triviais, ou em processos de alta complexidade, abrangendo os mais variados ramos e tecnologias globais. Nesse sentido, o *Setup* pode ser definido como sendo tudo que antecede a uma operação, seja para sua preparação, regulagem, substituição de ferramentas, dispositivos, dentre outros [8,9,10].

Na realidade, de um modo mais conciso, *Setup* é o intervalo de tempo compreendido entre a fabricação da última peça boa do lote anterior e a primeira peça boa do próximo lote, ou seja, é o tempo necessário para preparar os operadores e os equipamentos para a fabricação de outro produto pertencente à lista total de produção [11]

Como o *setup* não acrescenta valor ao produto, o seu tempo ideal de execução deve tender a zero. Nesse espaço, os setores de planejamento de produção procuram programar o menor número de substituição de ferramentas na cadeia produtiva para

evitar os desperdícios, no entanto, a diversidade da demanda do cliente levou à programação de fabricação de vários lotes de pequenas quantidades de itens diversificados.

No pensamento de fabricar produtos diversos para atendimento de pedidos futuros, gerou-se a problemática do alto custo de estocagem de produtos. [12] afirma que a estratégia baseada em grandes lotes dita que quanto maior o tamanho do lote, menor será o impacto do tempo do *setup* no custo unitário de produção, como é o caso das fábricas de motocicletas.

Dentro dessa perspectiva, no cenário das empresas que trabalham diretamente na produção de motocicletas é perceptível o aparecimento de diversas problemáticas que acabam prejudicando o tempo de abastecimento ou alimentação dos *Hardware*s nos processos de linha de montagem, Sub-Montagem e Montagem do Motor [13,14].

Desse modo, ao realizar um olhar analítico no setor da linha de montagem de uma empresa de motocicletas localizada na Cidade de Manaus-AM, verificou-se que essa seção necessitava de uma intervenção devido a inúmeros danos que esse âmbito proporcionava no andamento do processo produtivo, pois, durante o movimento sistêmico o alimentador teria que aguardar a montagem solicitar o próximo kit de *Hardware* a ser alimentado, causando demora e atraso no processo, decorrente do abastecimento do *Hardware* nos marfinites da linha ser realizado item por item, ocasionando a perda de tempo na atividade.

Por esse motivo, esta pesquisa fundamenta-se na proposta de melhoria no *setup* de abastecimento de linha de montagem em uma empresa de motocicletas da Cidade de Manaus-AM propondo a substituição dos marfinites por bandejas em colmeia a fim de agilizar o sistema de alimentação no processo produtivo e consequentemente desobstruir os corredores do setor no momento da alimentação, deixando-o limpo e organizado.

## II. METODOLOGIA

O método utilizado nessa pesquisa é o denominado estudo de caso. Esse método de pesquisa utiliza, normalmente, dados qualitativos, coletados a partir de eventos reais, com o objetivo de explicar, explorar ou descrever fenômenos atuais inseridos em seu próprio contexto, caracterizando pode ser um estudo detalhado e exaustivo de poucos, ou mesmo de um único objeto, fornecendo conhecimentos aprofundados [15,16]. Nesse caso, o estudo foi direcionado para a melhoria no setup de abastecimento de linha em uma empresa de motocicletas da Cidade de Manaus-AM.

Como instrumento de coleta de dados utilizou-se a observação simples. De acordo com [17,18]. trata-se de uma pesquisa utilizada para coletar dados com maior veracidade e ampliar a visão do universo amostral da pesquisa. Nesse sentido, foram realizadas observações em torno do setor da linha de montagem de motocicletas e verificou-se a necessidade de solucionar inúmeras problemáticas locais, sendo a principal a demora no processo de alimentação do *Hardware* nos postos do sistema produtivo, surgindo então, a aplicabilidade de bandejas com colmeia com o intuito de acelerar o processo em cadeia.

Após a coleta de dados, realizou-se a implantação da proposta de melhoria no setup de abastecimento de linha, a fim de se obter resultados plausíveis para a construção do pensamento filosófico e da possível solução do caso em questão, levando em consideração as vantagens e os benefícios gerados pela efetivação do uso de bandejas em colmeia no setor de montagem [18,19, 20].

## III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio da efetivação da proposta de melhoria no *setup* de abastecimento de linha em uma empresa de motocicletas da

Cidade de Manaus-AM, buscando solucionar a problemática da demora na alimentação do *Hardware* nos postos do processo produtivo, pode-se verificar que os danos causados anteriormente pela utilização dos marfinites, onde eram colocados os kits de *Hardware*, foram em sua grande parte solucionados e aproveitados de maneira eficiente e plausível, como pode ser observado no Quadro 1, descrito a seguir:

Quadro 1 – Quadro comparativo marfinites x bandeja com colmeia.

| UTILIZAÇÃO DE MARFINITES (DANOS)  | UTILIZAÇÃO DA BANDEJA EM COLMEIA (BENEFÍCIOS)   |
|---|---|
| Demora na alimentação dos <i>Hardware</i> s nos processos de linha de montagem, Sub-Montagem e Montagem do Motor. | Agilidade na alimentação do <i>Hardware</i> nos processos de linha de montagem, Sub-Montagem e Montagem do Motor. |
| Alimentador realiza atividade de alimentação nos postos de montagem que não agrega valor ao processo.             | Alimentador deixará de realizar 01 atividade em seu posto.  |
| Tempo de alimentação na linha de 00:59 minutos para cada Kit.   | Redução do tempo de alimentação de 00:59 minutos para 00:20 minutos a cada Kit.                                   |
| Obstrução do corredor no momento de alimentação.  | Desobstrução do corredor no momento de alimentação.   |
| Alimentação sendo realizado no mesmo momento de montagem, atrapalhando o processo.                                | Alimentação sendo realizado antes do processo de montagem, evitando atraso no processo produtivo.                 |

Fonte: Autores, (2019).

Por meio destes resultados obtidos, fica evidente que com a implantação do projeto de substituição dos marfinites pelas bandejas em colmeias, realizado no setup de abastecimento (alimentação) nos postos da produção, houve uma mudança considerável no processo sistêmico da linha de montagem das motocicletas, levando em consideração ganhos econômicos, aceleração do processo e redução do tempo de alimentação dos kits proporcionais utilizados nesse setor específico da empresa, confirmando e aprovando a utilização das novas bandejas em todo o mecanismo.

É importante ressaltar que a confecção das bandejas em colmeia foi feita pela empresa Encaixe perfeito, onde foram produzidas 56 bandejas com valor unitário de R\$ 58,00 cada, totalizando um gasto aparente de R\$ 3.258,00. Entretanto, esse valor não se compara aos inúmeros benefícios e as vantagens que o uso dessa moderna ferramenta pode trazer para os setores de produção e para a empresa como um todo.

Dessa forma, percebe-se que antes do uso da proposta de melhoria, o alimentador precisava esperar a montagem requisitar o próximo kit de *hardware* a ser alimentado, gerando retardamento e atraso no processo, pois, ao ser alimentado o *hardware* nos

marfinites da linha item a item, tem-se a perda de tempo de operação, como pode ser visto na Figura 1.



Figura 1 – Antes do uso da proposta de melhoria.  
Fonte: Autores, (2019).

Após a modificação do sistema, com o uso das novas bandejas, torna-se visível a melhoria implementada na alimentação de *Hardware*, onde o alimentador aloca os elementos na bandeja e coloca junto ao carro de alimentação da linha de montagem, sem ocasionar espera no processo de confecção, como pode ser observada na figura 2.



Figura 2 – Após o uso da proposta de melhoria.  
Fonte: Autores, (2019).

Dessarte, com a efetivação da melhoria das bandejas em colmeia e da sua base, o tempo de *setup* diminuiu consideravelmente, gerando consequências positivas para o setor da linha de montagem, tal como a organização e a limpeza do setor, aprimorando e favorecendo a visão do ambiente produtivo da empresa.

Outro problema que precisava ser solucionado no processo estava relacionado ao fato de que o alimentador, após realizar a atividade no sistema, tinha que ir a linha de montagem para colocar as bandejas nos postos, causando demora e atraso no processo e desperdício de tempo (Figura 3).



Figura 3 – Antigo Layout.  
Fonte: Autores, (2019).

Essa problemática também foi solucionada com o novo layout no carro de alimentação, o que acarretou ganhos no espaço para colocar as bandejas de *Hardware* e enviar no primeiro carro, como pode ser vista na figura 4.



Figura 4 – Carro com bandejas.  
Fonte: Autores, (2019).

Com essa melhoria das bandejas no carro de alimentação do processo produtivo da linha, houve um ganho plausível na redução do tempo de atividade de 00:20 min para 00:00, gerando rendimento de tempo para todo o sistema.

Mediante a esses resultados pode-se verificar que esta pesquisa cumpriu com os seus objetivos dentro da proposta de melhoria no *setup* de abastecimento de linha de montagem em uma empresa de motocicletas da Cidade de Manaus-AM, aprovando a substituição dos marfinites por bandejas em colmeia, a fim acelerar o sistema de alimentação no processo produtivo e como resultado colaborou com a desobstrução dos corredores do setor no momento da alimentação, deixando o ambiente com aspecto limpo e sistematizado.

#### IV. CONCLUSÃO

Por meio desta pesquisa pôde-se aferir que, a implantação da proposta de melhoria no *setup* de abastecimento de linha em uma empresa de motocicletas da Cidade de Manaus-AM, solucionou grande parte da problemática evidente no atraso da alimentação do *Hardware* nos postos do processo produtivo,

eliminando os danos causados anteriormente pela utilização dos marfinites, solucionados com a efetuação das bandejas em colmeia.

Assim, torna-se relevante a referente pesquisa, pois, os resultados evidenciaram que a partir do sistema de troca dos marfinites pelas bandejas em colmeias, efetivado no *setup* de alimentação nos postos da produção, houve uma modificação apreciável no processo metódico da linha de montagem das motocicletas, tendo em vista benefícios econômicos, aumento da velocidade do processo e minimização do período de tempo de alimentação dos kits de alimentação do *Hardware*.

Logo, a relevância desta pesquisa está pautada na efetivação das mesmas atividades que este estudo elenca em outros processos fabris que envolvem melhorias no *setup* de abastecimento ou alimentação em grandes empresas de motocicletas dentre outras de um modo geral.

#### V. REFERÊNCIAS

- [1] SUFRAMA, 2018. Indicadores de Desempenho do Polo Industrial de Manaus. Disponível em: [www.suframa.gov.br](http://www.suframa.gov.br). Acesso em 20 de fevereiro de 2019.
- [2] Castiglioni, J. A. M.; Nascimento, F. C. Custos de processos logísticos. 1. Ed. São Paulo: Érica, 2014.
- [3] Faria, A. C. de. Gestão de Custos Logísticos. 1. ed. – 12. Reimpr. - São Paulo: Atlas, 2015.
- [4] Wernke, R. Custos Logísticos. 1. ed. São Paulo: MAG, 2014.
- [5] Zamberlan, Luciano, Pesquisa em ciências aplicadas. Ijuí: Ed. Unijuí, 2014.
- [6] Imai, M. GembaKaizen: Uma Abordagem de Bom Senso à Estratégia de Melhoria Contínua. Bookman Editora, 2014.
- [7] Das, Biman; Venkatadri, Uday; Pandey, Pankajkumar. Applying lean manufacturing system to improving productivity of airconditioning coil manufacturing. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 71, n. 1–4, p. 307–323, 2014.
- [8] Shingo, S. Sistema de Troca Rápida de Ferramentas: Uma Revolução dos Sistemas Produtivos. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- [9] Shingo, S. Sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção. 1. ed. São Paulo: Bookman, 2011.
- [10] Braglia, Marcello; Frosolini, Marco; Gallo, Mose. Enhancing SMED: Changeover Out of Machine Evaluation Technique to implement the duplication strategy. Production Planning & Control, v. 7287, n. July, p. 1–15, 2016a.
- [11] Karasu, M. K.; Cakmakci, M.; Cakiroglu, M. B.; Ayya, E.; Demirelortabas, N. D. Improvement of changeover times via Taguchi empowered SMED/case study on injection molding production. Measurement, v. 47, 2014.
- [12] Melo, Eudes Lopes. A Formação da Rede de Produção na Indústria Sobre veículos de Duas Rodas do Norte Brasileiro. Dissertação de mestrado. PPGS/UFAM, 2010.

[13] Yin, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

[14] Porteus, Evan L. Optimal lot sizing, process quality improvement and setup cost reduction. *Operations research*, v. 34, n. 1, p. 1 137-144, 2015.

[15] Gil, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 175 p.

[16] Vergara, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 12. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

[17] Chiarini, Andrea. Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers. *Journal of Cleaner Production*, v. 85, p. 226-233, 2014.

[18] Silva, A. M. da; Moura, E. M. Metodologia do trabalho científico. Fortaleza, 2013.

[19] Kannenberg, G. Proposta de sistemática para implantação de troca rápida de ferramentas. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1994.

[20] SUFRAMA, 2019. Indicadores de Desempenho do Polo Industrial de Manaus. Disponível em: [www.suframa.gov.br](http://www.suframa.gov.br). Acesso em 20 de abril de 2019.

## RENEWABLE ENERGY: WIND ENERGY, ITS EFFECTS AND ENVIRONMENTAL GAINS

Marcelo Teixeira de Castro<sup>1</sup>, Maciel Gama de Souza<sup>2</sup>, Anderson de Oliveira Castro<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Centro Universitário do Norte (UNINORTE). Av. Leonardo Malcher, 715 – Centro, Manaus-AM, 69020-010.  
Fone: +55 (92) 3212 5000.

<sup>3</sup>Professor Orientador do Centro Universitário do Norte (UNINORTE). Av. Leonardo Malcher, 715 – Centro, Manaus-AM, 69020-010. Fone: +55 (92) 3212 5000.

Email: [marcelodecastro211@outlook.com](mailto:marcelodecastro211@outlook.com), [gamamaciel05@gmail.com](mailto:gamamaciel05@gmail.com), [anderson.castro@uninort.com.br](mailto:anderson.castro@uninort.com.br).

Received: May 21<sup>th</sup>, 2019

Accepted: June 15<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

The Brazilian energy matrix is composed of a diverse set of energy generation systems, such as hydroelectric, thermal, solar, wind and other, which aims to meet the demand of our country. A large part of the energy production in Brazil comes from renewable sources, our country is the one that has the greatest capacity to produce energy through the wind when compared to the countries of Latin America. However, as with all power generation technology, the deployment and operation of wind systems has unfavorable environmental impacts, such as: electromagnetic interference, noise, visual impact, wildlife damage. Some of these impacts can be minimized or even eliminated through proper planning and technological innovations. The aim of this work is to gather theoretical foundations on wind energy, its effects on the environment caused by the implantation and operation of these systems.

**Keywords:** Wind Energy, Environmental Impacts, Environmental gains.

## ENERGIAS RENOVÁVEIS: ENERGIA EÓLICA, SEUS EFEITOS E GANHOS AMBIENTAIS

### RESUMO

A matriz energética brasileira é composta por um conjunto diversificado de sistemas de geração de energia, como hidrelétrica, térmica, solar, eólica e outros, que visa atender à demanda do nosso país. Uma grande parte da produção de energia no Brasil vem de fontes renováveis, nosso país é o que possui a maior capacidade de produção de energia através do vento, quando comparado aos países da América Latina. No entanto, como acontece com toda a tecnologia de geração de energia, a implantação e operação de sistemas eólicos têm impactos ambientais desfavoráveis, tais como: interferência eletromagnética, ruído, impacto visual, danos à vida selvagem. Alguns destes impactos podem ser minimizados ou até mesmo eliminados através de um planejamento adequado e inovações tecnológicas. O trabalho visa reunir fundamentos teóricos sobre a energia eólica, seus efeitos sobre o meio ambiente causados pela implantação e operação desses sistemas.

**Palavras-Chave:** Energia Eólica, Impactos Ambientais, Ganhos Ambientais.

### I. INTRODUÇÃO

Este artigo tem a finalidade de descrever os efeitos ambientais ocasionados pela busca de energias alternativas voltadas para as ações setoriais do sistema de energia eólica tendo

como foco a natureza sustentável das ações ambientais que caracterizam esse esforço de produção de energia limpa.

Os países em desenvolvimento como o Brasil, ricos em matérias-primas necessitam de uma política energética mais abrangente que possa garantir soluções no futuro, e menor

dependência econômica e tecnológica em relação aos países desenvolvidos.

A importância do tema é trazer à tona questões que possa elucidar no cenário de alternativas energéticas como o setor de energia eólica tem estruturado os mecanismos institucionais de redução de impactos ambientais.

O tema tratará de evidenciar a implementação de novas usinas de energia eólica bem como as dimensões que marcam a modalidade, considerando-se que atualmente, dá-se muita importância às pesquisas na área de energias alternativas, pode-se analisar a realidade energética do Brasil e as condições de ampliação da energia eólica, assim como os impactos que atualmente se discutem em várias esferas federais e estaduais

Justifica-se a realização do estudo com base no pressuposto de que as ampliações da matriz energética brasileira implicam em diretrizes legais de avaliação de impactos na medida em que atualmente se realizam leilões onde se negociam a energia proveniente dos ventos.

Os discursos sobre a ampliação das ações do sistema setorial brasileiro de energia eólica tendem a considerar que esse tipo de produção se faz por meio de mecanismos limpos, mas é preciso conhecer e analisar os meios de implantação de energia se exige licença ambiental e padrões de redução de impactos.

Desta forma, o tema tem ganhado significativo destaque na mídia nacional, assim como proliferam debates, seminários, prêmio e publicações de autores sobre o meio ambiente.

A gestão ambiental nas empresas é realizada a partir de um conjunto de políticas, programas e práticas administrativas e operacionais que levem em conta a proteção do meio ambiente através da eliminação ou minimização de impactos e danos ambientais em suas atividades produtivas.

O desenvolvimento sócio-econômico produzido no espaço geográfico no capitalismo produz transformações na natureza. Conforme [4], as mudanças ocorrem nas relações entre a sociedade e a natureza e entre as classes sociais no processo produtivo. As transformações se fazem nas dimensões da reprodução de cunho produtivo que produz problemas ambientais que são atualmente focos relevantes de riscos sociais em relação às constantes alterações dos ambientes naturais e seus ecossistemas.

Atualmente os discursos político-ambientalistas evocam a necessidade de utilização de novas alternativas energéticas que possam garantir o consumo crescente e o impacto ambiental e social causados pelas fontes de energias tradicionais, como as hidrelétricas.

No setor de energia elétrica, as decisões de geração de energia eólica, localização e instalação de usinas poderão fornecer uma nova alternativa na matriz energética brasileira. A construção de turbinas eólicas envolve igualmente a avaliação e o monitoramento da área de localização, considerando que sua instalação exige engenharia estratégica e critérios adequados nas tomadas de decisões em relação ao planejamento e logística para identificar todas as variáveis que possam dar uma visão antecipada dos problemas ambientais para que haja coerência no projeto de implantação.

Nesse sentido, o planejamento e gerenciamento ambiental fazem parte de uma operacionalização fundamental quanto à correta aplicação de técnicas de análises.

Demonstra-se no estudo que a implantação de usinas eólicas exige o uso de licença e impõe o desenvolvimento de técnicas e métodos para a avaliação do dano ambiental, a partir do controle ambiental com base em arcabouço legal do Plano Diretor da Cidade.

## II. METODOLOGIA

A metodologia do estudo se orientou pela pesquisa bibliográfica e exploratória centrada nas contribuições teóricas de vários autores que realizaram estudos sobre os impactos ambientais da energia eólica. Conforme [8], Pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Embora em quase todos os estudos seja exigido algum tipo de trabalho desta natureza, há pesquisas desenvolvidas exclusivamente a partir de fontes bibliográficas.

Assim, verifica-se que a pesquisa bibliográfica é fundamental para o desenvolvimento dos pressupostos de pesquisa. Conforme [5], A bibliografia é um recurso de pesquisa formada por livros, revistas, publicações avulsas e imprensa escrita por especialistas. Portanto, a pesquisa bibliográfica tem a finalidade de colocar o pesquisador em contato direto com a manipulação de suas informações.

O estudo é também de caráter qualitativo e descritivo e tem as funções de proporcionar maiores informações sobre determinado assunto, facilitar a delimitação do estudo e a definição de objetivos ou formulação de hipóteses para desenvolver uma boa pesquisa sobre determinado assunto.

O estudo tem a finalidade de conhecer as contribuições científicas sobre o tema, com base descritiva das características apresentadas pelos vários autores que fundamentaram a pesquisa a partir dos seguintes objetivos, analisar as diretrizes legais que tem sido determinada como forma de regulamentação da produção de energia eólica no Brasil.

## III. ENERGIA EÓLICA E MEIO AMBIENTE: IMPACTOS E GANHOS AMBIENTAIS NA GERAÇÃO DE ENERGIA COM FONTES NATURAIS

A energia é uma força produtiva essencial para o desenvolvimento, tornando-se todos os países um importante setor de investimentos estatais e privados. O Brasil tem um grande potencial para a produção de energia eólica, as oscilações dos ventos produzem uma velocidade propícia à evolução desse tipo de uso de energia como potencial alternativo.

Conforme [11], a força dos ventos é um tipo de energia que vem usada de forma rudimentar desde tempos antigos, constituindo-se como energia cinética obtida por meio do avanço das massas de ar que produzem ventos que são usados em cata-ventos em propriedades rurais que obtém a força dos ventos pelo processo de rotação para obtenção de força em trabalhos mecânicos como bombeamento d'água.

Somente no século XIX, a energia eólica passou a ser vista como meio de conversão em corrente elétrica, mas somente com as constantes crises no abastecimento de hidrocarbonetos combustíveis é que as pesquisas e investimentos em energia eólica têm se intensificado em nível mundial.

Segundo [1], e [11], tem havido esforços em torno dos investimentos em torres de energia solar, o avanço das pesquisas nessa área teve uma grande evolução no sentido de buscar transformar a energia solar em energia elétrica.

Existem dois processos para a captura da energia solar: O processo térmico e o fotovoltaico. O modelo de coleta térmica utiliza a absorção do calor por meio de coletores térmicos que aquecem o ar e a água em residências, hospitais e indústrias.

Os projetos realizados têm sido empregados em dois conceitos em relação a esses processos: o do uso da energia solar de forma concentrada para aquecer as caldeiras na geração de vapor



e o da conversão direta das radiações solares em energia elétrica através da conversão se realiza por meio de usinas ou torres de energia que utilizam espelhos côncavos como forma de refletir a luz solar e obter o aquecimento necessário para capturar a luz do sol durante a trajetória do dia. Essa energia produz altas pressões nas turbinas e gera corrente elétrica.

O sistema de células fotovoltaicas embora caro e ainda pouco desenvolvido é uma forma de transformar energia solar diretamente na corrente elétrica, atualmente bastante empregado em satélites artificiais. O uso de células fotovoltaicas é armazenado em baterias solares. Devido ao alto custo atualmente no Brasil sua utilização tem se destacado [7].

No Brasil, atualmente a legislação que reconhece os esforços em matriz energética, assim como o ordenamento da expansão energética tendo como foco a Lei nº 10.438/2002 que instituiu um Programa de Incentivo às energias alternativas voltadas para energia eólica, a implantação de pequenas centrais hidrelétricas e os demais projetos e experiências voltados ao uso de biomassa que atualmente fazem parte do conjunto de ações do governo para serem desenvolvidos até 2020 para acompanhar as necessidades energéticas do Brasil futuramente.

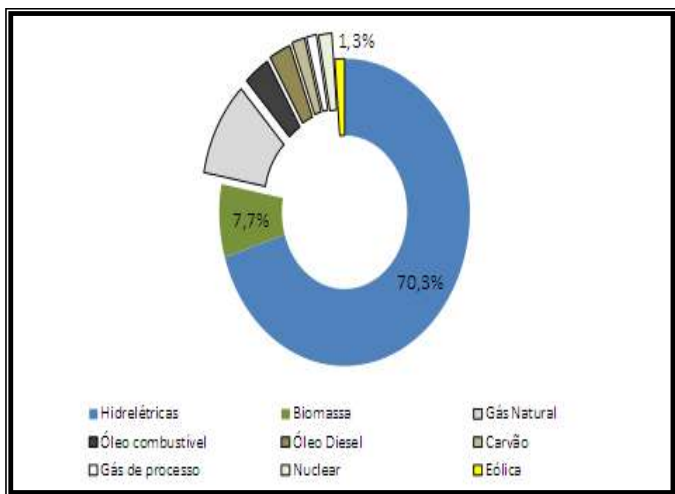


Figura 1 – Matriz energética brasileira. Fonte: (6).



Figura 2 – Mapa do potencial eólico brasileiro. Fonte: (12).

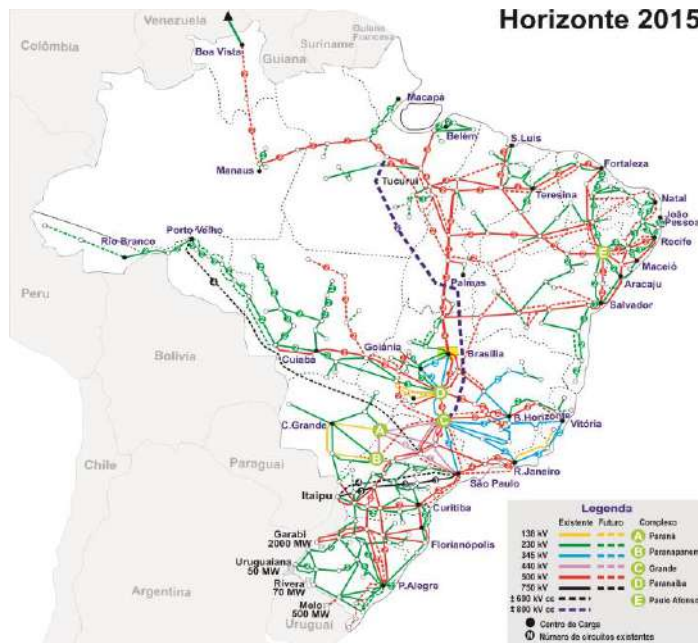


Figura 3 – Sistema Interligado Nacional (SIN). Fonte: (13).

Para atingir esse nível de evolução, o governo brasileiro decidiu efetivar esforços para manter o incentivo aos pequenos produtores de energia gerando uma futura demanda e oferta energética, além de produzir uma maior capacidade de empregos e renda para as populações a partir de estratégias que tem com o foco o aproveitamento de todos os potenciais naturais energéticos de cada região.

Conforme [10], avalia que na atualidade existem muitos países que estão desenvolvendo pesquisas avançadas em parques de energia eólica, fator que implica em capacitação tecnológica para a evolução de energias limpas, como fonte alternativa.

As preocupações ambientais se projetam diante de grandes investimentos que se constata obteve um avanço de capacidade instalada em relação ao crescimento em investimentos anuais instalada no mundo de 2006 a 2011.

Os resultados atuais se apresentam com 27% em 2006, quando tiveram uma queda de investimentos produtivos em relação ao crescimento anual, em 2007 para 25%, mas de 1998 a 1999 se estabeleceram entre 34% e 33%. No ano 2000 obteve um aumento para 37%. Nos anos seguintes de 2002 a 2004 caiu de 37% para 21%, mas a partir de 2005 a 2009 voltou a crescer obtendo 32%. Entre os anos de 2010 e 2011 caiu de 24% para 21%.

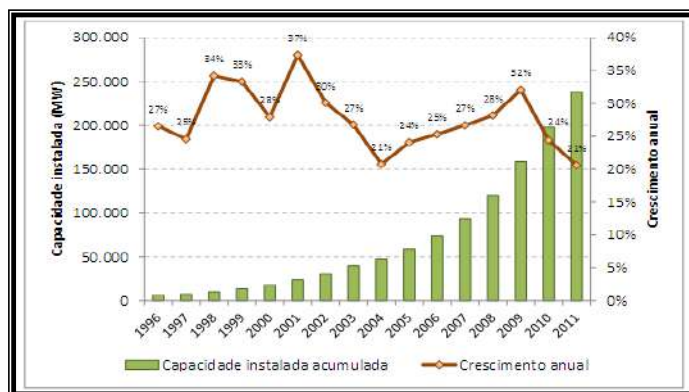


Figura 4 – Relação entre capacidade instalada acumulada e crescimento anual. Fonte: (7).

As estimativas de avanço de centrais de grande porte se devem à implantação de um Sistema Interligado Nacional – SIN, que tenderá a garantir o processo de redução de emissões de gases de efeito estufa gerado pelas usinas termelétricas que causam grandes impactos ambientais nos sistemas físicos e bióticos, como os aspectos de caráter social, econômico e cultural das regiões de locação. Segundo [14] estima-se que uma turbina de 600 kW, instalada em uma região de bons ventos, poderá evitar a emissão de 20.000 a 36.000 toneladas de CO<sub>2</sub>, dependendo do regime de vento e do fator de capacidade, durante seus 20 anos de vida útil estimado.

Na visão de [10], e [11], o aproveitamento da energia solar na transformação em corrente elétrica apresentam também

condições de uso impactantes para o meio ambiente, levando-se em consideração que o Norte e Nordeste Brasileiro tem se constituído de áreas de experimentos técnicos planejados com estimativas de poucos impactos ambientais que têm sido evidenciadas nos empreendimentos que estão andamento em vários estados do Brasil como o Amapá, Amazonas, Bahia, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Minas gerais, Mato Grosso, Paraíba, Paraná, Piauí, Rio Grande do Norte, Rondônia, Roraima, Santa Catarina, Sergipe [6].

O gráfico abaixo demonstra a potência contratada por cada estado para a obtenção de energia, tendo o Ceará o detentor de maior capacidade contratada.

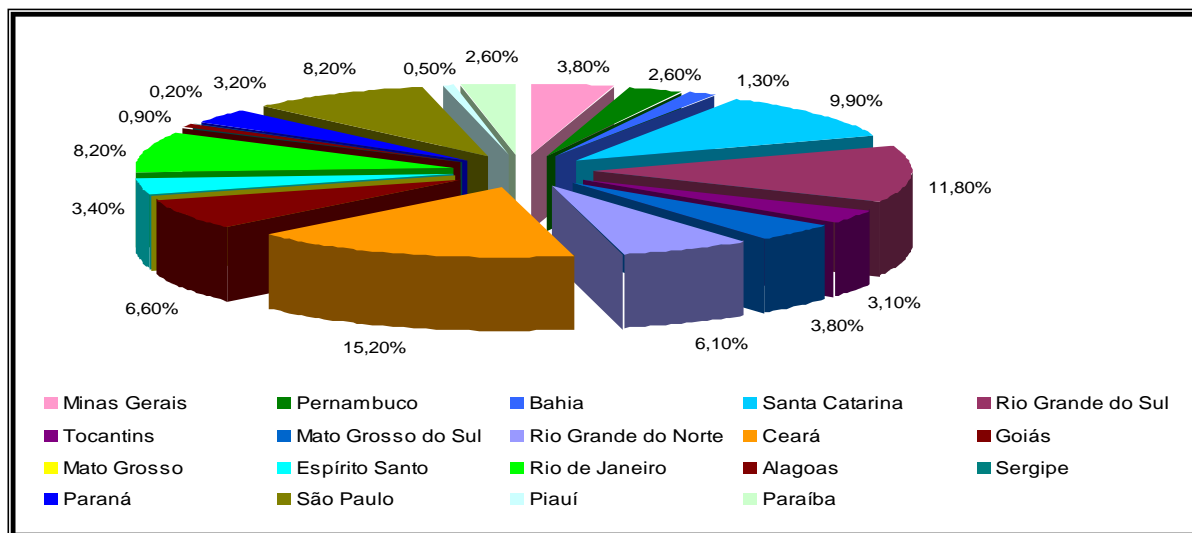


Figura 5 – Potência contratada por Estado.

Fonte: (7).

Todo o uso de energia obtida na terra causa algum tipo de impacto ambiental que pode emergir em grandes ou pequenas escalas, mas todos os resultados deverão ser considerados relevantes quando se trata de cenários alternativos na busca de novas energias que causem o mínimo possível de impactos.

Diversos estudos têm buscado apontar a ocorrência possível dos impactos de instalação de projetos que deverão estar sob a fiscalização por parte de órgãos do meio ambiente (IBAMA) e os procedimentos de licenciamento ambiental necessário a esses procedimentos técnicos e a normatização dos polos de evolução de energia eólica.

Deste modo, o processo de geração de energia por meio de turbinas eólicas poderá se expandir de forma expressiva nos próximos 10 anos, passando a ser um tipo de consumo mais viável e com custos reduzidos para a universalização do uso de grande porte de energia eólica.

Por meio do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA, as fontes de energia eólica passaram a ter cerca de 50 empreendimentos no Brasil, a partir de potência contratada de 1.422,92 MW, o que garantirá a energia por GWh/ano de 3.719. Em nível de investimento houve um incremento de Custo no valor de R\$ 786 milhões/ano e investimentos de R\$ 5,53 bilhões.

Como se evidencia no gráfico abaixo a energia eólica tem 19% de contratação por produção com o acumulado de 2006 e 2007.



Figura 6 - Contratação por produção do acumulado de 2006/2007.

Fonte: (6).

Para incentivar o incremento da energia eólica, o governo brasileiro tratou de determinar as alterações regulatórias para o incentivo de novas oportunidades na produção, por meio da mobilização de leilões de energia em ambiente regulamentado que favorece a negociação em relação ao medidor bidirecional de energia distribuída [9].

Dentre as desvantagens de seu uso é preciso que sejam avaliadas as reais possibilidades de uso da energia eólica em relação ao ambiente. Os objetivos e a situação em que será usada. Outro impacto considerado como, além do visual se constitui no poder de ruídos que geralmente geram problemas para populações locais. Conforme [15], o ruído proveniente das turbinas eólicas tem duas origens: mecânica e aerodinâmica. O ruído mecânico tem sua principal origem da caixa de engrenagens, que multiplica a rotação das pás para o gerador. Muito esforço foi feito desde 1995 no

desenvolvimento de uma geração de turbinas eólicas agora disponíveis no mercado. O desenvolvimento de tecnologias, ao longo dos últimos dez anos, na aerodinâmica das pás e nas partes mecânicas críticas, principalmente a caixa de engrenagem, tornou possível uma significativa redução dos níveis de ruído nas turbinas modernas.

Os autores analisam que se devem evitar os impactos ambientais por meio de um desenho que favoreça a criação de parques eólicos que possam reduzir os riscos em locais apropriados que possam favorecer a melhor localização e os acessos às turbinas, sem que existam problemas ecológicos nos processos de instalação. Segundo [7], atualmente a existência do Planejamento Integrado de Recursos é uma ferramenta da maior relevância em nível internacional e também nas atividades que envolvem recursos energéticos na realidade brasileira, no sentido de evitar os impactos ambientais gerados pela expansão do desenvolvimento econômico.

No planejamento de ações das equipes de criação de ampliação das ações do sistema setorial brasileiro de energia eólica que deverão ser incorporados por meio do projeto de viabilidade econômica da implantação de aerogeradores a serem instalados no solo e permitir também a relação entre o funcionamento do empreendimento e o nível de impacto sobre o meio ambiente, especialmente sobre a vegetação e a feição do local, assim como os efeitos visuais produzidos no ambiente.

Nessa perspectiva, a minimização de impactos dependerá de determinar no projeto de implantação os devidos espaçamentos entre as turbinas de produção de energia, de modo que se apresentem eficiente em relação ao melhor ambiente de instalação que possa reduzir os riscos de perdas de ventos e perda de velocidade, assim como evitar a ocorrência de acidentes com mortes de aves migratórias.

Na visão de [6], com a finalidade de evitar impactos ambientais é necessário que o projeto de execução seja realizado por meio de levantamentos e pesquisas científicas e técnicas da área, assim como os níveis potenciais dos ventos na área geográfica onde existem terrenos livres e variação altimétrica que favoreça um ritmo constante de ventos.

Nessa perspectiva, a realização de projetos de implantação de energia eólica exige a instalação de infraestrutura na área escolhida para a execução do projeto. Com a finalidade de desenvolver ações que impeçam os impactos ambientais referentes às medidas de suporte tem sido determinada pelo Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE aponta os métodos, as metas e a análise de riscos em impactos ecológicos.

Sob esse ângulo de análise, os fundamentos do processo de expansão de energia não deverão ultrapassar a importância econômica contemporânea, mas é necessário atender aos planejamentos e diretrizes estratégicas de redução de impactos ambientais [9].

Os desenhos dos projetos deverão considerar os critérios de aproveitamento dos ventos usando o mínimo possível o empreendimento, mas usando os aerogeradores de forma estratégica, mantendo um espaçamento entre as torres, a fim de evitar impactos visuais, evitar a execução de projetos em áreas com ecossistemas ecológicos ou em locais que possam causar transtornos nas comunidades de entorno. Portanto, existem impactos que poderão ser amenizados com as medidas que favorecem a melhoria das condições ambientais [3].

As diretrizes do EIA são impostas como base de análise dos empreendimentos por meio de cada projeto e a locação de suas áreas para a implantação de projetos em energia eólica. O licenciamento prévio é um instrumento necessário para ajustar os processos à realidade ambiental para a melhoria dos arranjos de parques eólicos com redução de impactos ambientais [2].

Um empreendimento depende da realização de um projeto técnico que contenha as seguintes etapas:

Quadro 1 - Requisitos para o Projeto.

| FASES                   | COMPONENTES DO PROJETO                                   |
|-------------------------|--|
| Pré-Implantação         | Estudos e Projetos                                       |
|                         | Estudos básicos  |
|                         | Estudo de viabilidade econômica                          |
|                         | Levantamento topográfico                                 |
|                         | Caracterização eólica da região                          |
|                         | Projeto  |
| Implantação             | Estudo de Impacto Ambiental                              |
|                         | Instalação do canteiro de obras                          |
|                         | Contratação de construtora / pessoal                     |
|                         | Mobilização de equipamentos / materiais                  |
|                         | Limpeza da área  |
|                         | Sistema viário (acessos internos) / drenagem superficial |
|                         | Construção das fundações                                 |
|                         | Montagem das torres                                      |
|                         | Montagem dos aerogeradores                               |
|                         | Montagem elétrica  |
|                         | Subestação   |
|                         | Interligação Elétrica                                    |
| Testes Pré-operacionais |  |
| Operação                | Desmobilização da obra                                   |
|                         | Produção de Energia                                      |
|                         | Distribuição de Energia                                  |
|                         | Manutenção do empreendimento                             |

Fonte: (6).

O projeto é um passo fundamental para evitar os problemas ambientais, embora não possam ser considerados problemas sérios como nas hidrelétricas e termelétricas que trazem maiores dispêndios em impactos ambientais, a expansão da energia eólica nos próximos anos já está sob a regulamentação ambiental que determina as diretrizes da pré-implantação, implantação e operação.

O processo de distribuição está devidamente regulamentado e as oportunidades de inovações no avanço de novas técnicas em energia eólica podem produzir inovações.

#### IV. CONCLUSÃO

O licenciamento ambiental deverá ser um instrumento importante no processo de investigação de impactos por meio de avaliação do terreno para a instalação de turbinas, além da realização de um levantamento planialtimétrico da área do projeto por meio de cartografia que possa definir e detalhar em nível geotécnico a área de construção das turbinas. As organizações privadas ou grupos que desejam realizar a distribuição de energia eólica deverão estabelecer os fins do projeto de empreendimento e tendo como foco a melhor forma de ampliação da energia sem impactos ambientais com a implantação das turbinas que exigem a escavação do solo para colocação eficiente. A realização de leilões de energia eólica tem favorecido investimentos na área de energias alternativas por meio do processo de contratação livre. As empresas que tem interesse na criação de projetos necessitam de documentação legal para a implementação das atividades por meio de matrícula de projeto, certidão do imóvel e o licenciamento ambiental, na medida em que o projeto de implementação deverá estar em conformidade com a lei de uso e ocupação do solo. Essa realidade de uso solo e ocupação é uma forma de respeitar as diretrizes do Plano Diretor tanto em regiões litorâneas como rurais que precisam ser definidas tendo como foco a eliminação de ações inadequadas que tornem o ambiente inaceitável pela comunidade ou restrições pela carência de documentos.

A atuação das Organizações não governamentais (ONG's), como expressão dos movimentos sociais que atuam como instâncias que avançam na parceria com o Estado e as Empresas Privadas tem tido um forte apelo ambiental nas propostas no sentido de fortalecer o compromisso social em relação às atividades produtivas e a demanda de riscos ao meio ambiente. Tal processo visa discutir conjuntamente os problemas relativos à cooperação e aos desafios colocados para as organizações brasileiras, frente ao contexto da elaboração de projetos de proteção ao meio ambiente com a ampliação do uso de energia eólica.

## V. REFERENCIAS

[1] Branco, Samuel Murgel. Energia e meio ambiente. São Paulo: Moderna, 2002.

[2] Castro, Nivaldo José de et al. Plano decenal de expansão de energia – PDE 2020:Análise do método, metas e riscos. 2011. Disponível em: <<http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/tdse/TDSE44.pdf>>.

[3] Chambel, Sílvia. Estudos de impacto ambiental em parques eólicos uma verdadeira problemática?2007.Disponível em: [http://www.ideiasambientais.com.pt/artigos/EIA\\_eolicos\\_eternida\\_de.pdf](http://www.ideiasambientais.com.pt/artigos/EIA_eolicos_eternida_de.pdf)>

[4] Gomes, Ariovaldo. Tecnologias do século XXI em energias alternativas. São Paulo: Atlas, 2007.

[5] Leite, Francisco Tarciso. Metodologia científica: Métodos e técnicas de pesquisa. São Paulo: Ideias & Letras, 2008.

[6] Oliveira, Adílson de; PEREIRA, Osvaldo Soliano. Energia eólica. São Paulo: SENAC, 2012.

[7] Pinto, Milton Oliveira. Energia eólica. São Paulo: LTC, 2013.

[8] Rodrigues, Auro de Jesus. Metodologia Científica. São Paulo: Avercamp, 2006.

[9] Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Energia Eólica. Disponível em: <[http://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/2012/06/RIMA\\_Guajiru\\_PDF.pdf](http://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/2012/06/RIMA_Guajiru_PDF.pdf)>.

[10] Terciote, Ricardo. A energia eólica e o meio ambiente. Enc. Energ. Meio Rural, n. 4, 2002.

[11] Zegna, Glauco. Fontes de energia. São Paulo: Ática, 2003.

[12] Amarante, O. A. C.; Brower, M.; Zack, J.; De Sá, A. L. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2001. 45 p.

[13] Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS. Sistema interligado nacional. Brasília, 2015.

[14] Dutra, Ricardo Marques. Viabilidade técnico-econômica da energia eólica face ao novo marco regulatório do setor elétrico brasileiro. 2001. 259f. Tese (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

[15] TERCIOTE, Ricardo. A energia eólica e o meio ambiente, UNICAMP - Faculdade de Engenharia Mecânica - Departamento de Energia, Campinas-SP.

## CHEMICAL, PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CLAYEY SOIL WITH ADDITION OF CARBIDE LIME

Alexandre Guibson de Lima Ribeiro<sup>1</sup>, Dyego Silva Marques<sup>2</sup>, Anderson de Oliveira Castro<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Centro Universitário do Norte – UNINORTE - Laureate Universities, Brasil, Rua Leonardo Malcher, 715 – Centro, Manaus/AM.

Email: [alexadreguibson93@gmail.com](mailto:alexadreguibson93@gmail.com), [dyegomarques2017@gmail.com](mailto:dyegomarques2017@gmail.com), [anderson.castro@uninorte.com.br](mailto:anderson.castro@uninorte.com.br)

Received: June 15<sup>th</sup>, 2019

Accepted: June 19<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

### ABSTRACT

The acetylene gas is used as fuel in the industries causes environmental requirements concerning by the disposal of the waste from their manufacture, known as carbide lime (HL), which is processed for a solid form. Thus, recycling results in the reduction of solid waste storage, and prevent, for example, the exploitation of raw material for manufacture of industrial limes. In this scenario, we investigate the behavior of a clay soil when added carbide lime 2% and 4% as soon as the natural condition and aged in an oven at 110°C for 2 hours. For this purpose, characterized samples for chemical analysis of macro and micro-nutrients (Ca, Mg, K, Al, P, Zn) — where calcium, magnesium and aluminum exchangeable were extracted by 1N KCl, also on physical indexes recommended by the Brazilian Association of Technical Standards — size, Atterberg limits and compaction. Finally, we carried out mechanical tests of compression strength (MCS) and resilient modulus (RM). Regarding the chemical properties were obtained through atomic absorption spectrophotometer concentrations of macronutrients and micronutrients, such as levels of P (phosphorus) relatively low in samples of soil and effect of CC in high clay content retain more phosphorus and present factors-specific adsorption anions by retaining the solid phase by strong bonds (covalent), becoming part of the structure of the micelle. In contrast, the presence of organic matter and calcium ions (Ca<sup>2+</sup>) and magnesium (Mg<sup>2+</sup>) increases the cation exchange capacity (CEC), improves the structure and the buffer capacity of the soil leaving the pH stable.

**Keywords:** Clay Soil. Carbide Lime. Chemical Stability. Resilience Modulus. Mechanical tests.

## PROPRIEDADES QUÍMICAS, FÍSICAS E MECÂNICAS DE UM SOLO ARGILOSO COM ADIÇÃO DO RESÍDUO CAL DE CARBURETO

### RESUMO

O gás acetileno empregado nas indústrias como combustível acarreta requisitos ambientais concernentes à destinação do resíduo da sua fabricação, conhecido como cal de carbureto (CC), do qual é processado para a forma sólida. Neste panorama, investiga-se o comportamento de solo argiloso quando adicionado de cal de carbureto em 2% e 4%, tão logo na condição sem e com envelhecimento em estufa a 110°C por duas horas. Para isso, caracterizou-se as amostras quanto a análise química de macro e micro nutrientes (Ca, Mg, K, Al, P, Fe, Zn) — onde Cálcio, Magnésio e Alumínio trocável foram extraídos por KCl 1N, e também índices físicos preconizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas — granulometria, limites de consistência e compactação. Por fim, realizaram-se testes mecânicos de resistência a compressão simples (RCS) e módulo de resiliência (MR). A respeito das propriedades químicas obtiveram-se por meio do espectrofotômetro de absorção atômica concentrações de micro e macronutrientes, como teores de P (fósforo) relativamente baixos nas amostras de solo e CC, em efeito do alto teor de argila fixar mais fósforo e apresentar fatores de adsorção específica retendo os ânions pela fase sólida, mediante ligações fortes (covalentes), passando a fazer parte da estrutura da micela. Em contraposição, a presença de matéria orgânica e de cátions de Cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>) aumenta a capacidade de troca catiônica (CTC), melhora a estrutura e capacidade tampão do solo deixando o pH estável.

**Palavras-chave:** Solo Argiloso. Cal de Carbureto. Estabilização Química. Módulo de Resiliência. Ensaios Mecânicos

## I. INTRODUÇÃO

As bacias sedimentares da Amazônia apresentam abundância de solos argilosos, produtos da alteração intempérica de unidades sedimentares antigas, formados pela alternância de períodos com clima quente e úmido desde o Paleógeno, que por consequência gerou-se grande quantidade de material friável, onde os argilominerais são os principais constituintes [1]. Tais argilominerais possuem capacidade de troca catiônica, possibilitando reações químicas com compostos acrescentados. Desta maneira, podem-se estabilizar solos com aditivos químicos industrializados, como o *dynacal*, o qual é adicionado após misturar o solo com resíduo de carbureto (hidróxido de cálcio), neste caso os argilominerais do solo adsorvem os íons de cálcio do hidróxido de cálcio, modificando sua atividade superficial seguido de outros efeitos mais lentos entre os íons de cálcio e componentes aluminosos e silicosos, transformando-os em silicatos e aluminatos de cálcio que cimentam as partículas do solo, assim promovendo efeitos estabilizantes [2].

Relativo ao termo estabilização do solo compreende-se a qualquer processo, natural ou artificial, pelo qual um solo, sob o efeito de cargas aplicadas, se torna mais resistente à deformação e ao deslocamento, do que o solo original. Tais processos consistem em modificar as características do sistema solo-água-ar com a finalidade de se obter propriedades de longa duração compatíveis com uma aplicação particular [3]. Dentre os inúmeros métodos de estabilização de solos para fins construtivos, o que tem sido identificado como o mais prático é o da estabilização química. Esse método se refere aqueles em que tanto as interações químicas e físicas, podem ocorrer durante o método de estabilização, destacando-se diversas técnicas tradicionais — por exemplo, solo com cimento, cal hidratada ou emulsão [4,5,6,7,8,9,10,11], e não usuais como a do solo – cal de carbureto.

Por outro lado, a estabilização com cal hidratada é um método aplicado em solos que contêm uma significativa fração argila, cuja superfície dos argilominerais são deficientes em cargas, e para isso atraem-se cátions e moléculas água para a superfície carregada negativamente, logo como a cal é fonte de cálcio livre ( $\text{Ca}^{++}$ ) estes são adsorvidos pela superfície dos argilominerais [12]. Portanto, os resultados da estabilização variam dependendo da natureza dos minerais de argila e são melhores sob alta concentração de silicatos de alumínio, sílica e hidróxido de ferro [13].

Acerca do resíduo de hidróxido de cálcio (cal de carbureto), obtido como resíduo industrial da produção do gás acetileno durante a mistura de carbeto de cálcio (popularmente conhecido como carbureto) com água [1], possui propriedades típicas como: produção elevada em processo eletroquímico, podendo ser utilizada na construção civil [13,14], contém alto teor de hidróxido de cálcio –  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  e reatividade mais baixa que a cal industrial.

Atinente aos solos, estes podem desempenhar várias funções, ora como bases de sustentação das obras (fundações), ora como materiais de construção para diferentes aplicações (pavimentos, barragens, aterros, tijolos, blocos etc.), portanto devendo apresentar certas propriedades físicas e mecânicas relacionadas à solidez volumétrica, cujos solos argilosos, em geral, não apresentam essas propriedades, então necessitando promover a sua estabilização.

Concernente aos mecanismos das reações envolvidas entre a cal hidratada e/ou cal de carbureto e os constituintes do solo, seguem reações de floculação/aglomeração e trocas iônicas entre os argilominerais e a cal. Tais reações favorecem a alteração de suas propriedades geotécnicas, tais como: aumento do limite de plasticidade e diminuição do limite de liquidez e do índice de

plasticidade; achatamento das curvas de compactação com o aumento do teor de umidade ótima e diminuição da massa específica aparente seca máxima; e aumento da resistência, durabilidade e estabilidade volumétrica. Posteriormente, ocorre a formação de compostos químicos sílico-aluminosos pelo ataque da cal aos minerais argilosos e ao quartzo. Simultaneamente ocorrem os fenômenos de carbonatação, com o ataque do anidrido – carbônico presente no ar e na água de infiltração, aos hidroxidados da cal [14].

No caso particular dos solos argilosos, a adição de cal de carbureto provoca reações de troca iônica, mudanças das estruturas cristalinas, recarbonatações e, sobretudo, a formação de novos minerais capazes de cimentar as partículas e ou preencher os espaços intercristalinos [13]. De imediato, a cal hidratada provoca elevação da alcalinidade do solo, tornando estável alguns dos seus constituintes, permitindo um possível ataque ao silício e ao alumínio presente nos minerais do solo e a recombinação desses íons com o cálcio. Nessas condições uma nova estrutura cristalina aparece com a ocupação de vazios existentes entre os agregados, dando sustentação à micro-estrutura da mistura solo – cal compactada.

Com efeito, pesquisas de análise do desempenho mecânico das reações solo e cal de carbureto permitem concluir que o resíduo de cal de carbureto possui semelhança química com a cal hidratada, como também pode ser utilizado como material cimentício [15], auxiliando no suporte em longo prazo [16], efetivamente com maior resistência à compressão simples, durabilidade em imersão e Índice Suporte Califórnia, relativo às misturas solo - cal hidratada [17].

Doutro modo, é de grande interesse ambiental a reciclagem da cal residual em aplicações substituindo as cales industriais ou em novas aplicações e, consequentemente evitando seu descarte e reduzindo áreas degradadas pela exploração de rochas calcárias utilizados na produção de cal industrial. A busca de meios de reciclar esse resíduo vem sendo muito intensa nos últimos anos, onde se podem encontrar muitas aplicações como estações de tratamento de água e esgoto, estabilização química e neutralização de solos. Contudo, poucos trabalhos [16,17,18,19,6,7,20,21,22,23] focam a utilização desse resíduo como material de construção. Assim, o objetivo deste trabalho é a estabilização química de um solo argiloso com resíduo de cal de carbureto identificando as propriedades químicas, físicas e mecânicas, mormente a uma alternativa ambiental. Tal solo argiloso foi coletado no município de Manaus, propriamente nas dependências da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), verificando-se inicialmente a predominância da fração argila pelo método de análise visual e tátil.

No tocante a maceração química das amostras de solo nas condições – natural e aditada de cal de carbureto, utilizou-se os ensaios de macro e micro nutrientes (Ca, Mg, K, Al, P, Fe, Zn) , onde Cálcio, Magnésio e Alumínio trocável foram extraídos por  $\text{KCl}$  1N. O  $\text{Al}^{3+}$  trocável, foi titulado numa fração do extrato com  $\text{NaOH}$  0,025 N, na presença de azul de bromotimol como indicador. Em outra fração do extrato o  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  foram determinados por Espectrofotometria de Absorção Atômica – EAA. Fósforo, Potássio e micronutrientes do solo (Ferro, Zinco, e Cobre) foram extraídos com solução extratora de Mehlich I, também chamada de solução de duplo-ácido, constituída por uma mistura de  $\text{HCl}$  0,05 M +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,0125 M. A relação solo: extrato sugerido foi de 1:10 mL. O K, Fe, Zn e Mn posteriormente demarcados por Espectrofotometria de Absorção Atômica – EAA. O fósforo disponível determinou-se por colorimetria no Espectrofotômetro usando molibdato de amônio e ácido ascórbico a 3%. Estes experimentos conduziram-se no Laboratório de

## Análises do Solo do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA

Atinente à caracterização física realizou-se ensaios de granulometria, limites de consistência e compactação, preconizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, igualmente determinou-se o comportamento mecânico segundo a Resistência à Compressão Simples (RCS) e Módulo de Resiliência (MR). O conjunto desses ensaios realizou-se nos Laboratórios do Grupo de Geotecnia da Universidade Federal do Amazonas.

### II. METODOLOGIA

Objetivando utilizar um solo argiloso no estudo proposto, coletou-se material do Campus da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), situado nas coordenadas  $-3^{\circ} 5' 20,29892''$  (latitude) e  $-59^{\circ} 57' 57,12552''$  (longitude), conforme Figura 1. A presença da fração argila foi identificada inicialmente de acordo com análise expedita táctil e visual. Na sequência, o solo foi seco a sombra e ao ar, a fim de iniciar os processos de preparação das amostras para os ensaios físicos e mecânicos no Laboratório de Solos do Grupo de Geotecnia - GEOTEC/UFAM. Concernente ao recolhimento do material para análise química procurou-se ter os cuidados necessários quanto ao manuseio por meio de recipientes não metálicos, prosseguindo-se com a secagem natural deste. Em seguida, destorroou-se, peneirou-se e tratou-se o solo segundo o preconizado nas metodologias de cada experimento.



Figura 1 – Ponto de coleta em estudo (UFAM)  
Fonte: Autores, (2019).

Ao receber as porções de cal de carbureto em estado úmido, fornecida por uma empresa do Polo Industrial de Manaus (PIM), estas foram colocadas em estufa até  $110^{\circ}\text{C}$ , e, por conseguinte destorroada e passada na peneira 2,00mm a fim de homogeneizar os grãos e facilitar o uso como material fino. Incorporou-se o citado resíduo ao solo argiloso nos percentuais 0%, 2%, 3% e 4%, representadas respectivamente pelas amostras i, ii, iii e iv. Nos ensaios físicos e mecânicos, excetuaram-se as misturas com 3% de CC (amostra iii). Esta última, sobre o processo de mistura solo e cal de carbureto, foi agregada ao solo antes do início dos ensaios, de forma a não perder as propriedades aglutinantes desenvolvidas no tempo inicial da mistura solo-cal.

A respeito dos ensaios químicos, baseou-se nas metodologias dispostas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e utilizou-se KCl 1N, NaOH 0,025N, indicador azul de bromotimol (Figura 2.a), solução extratora de Mehlich I (solução de duplo ácido), pHmetro, titulador automático (Figura 2.b) e espectrofotômetro de absorção atômica (EAA), apresentado na Figura 2.c.

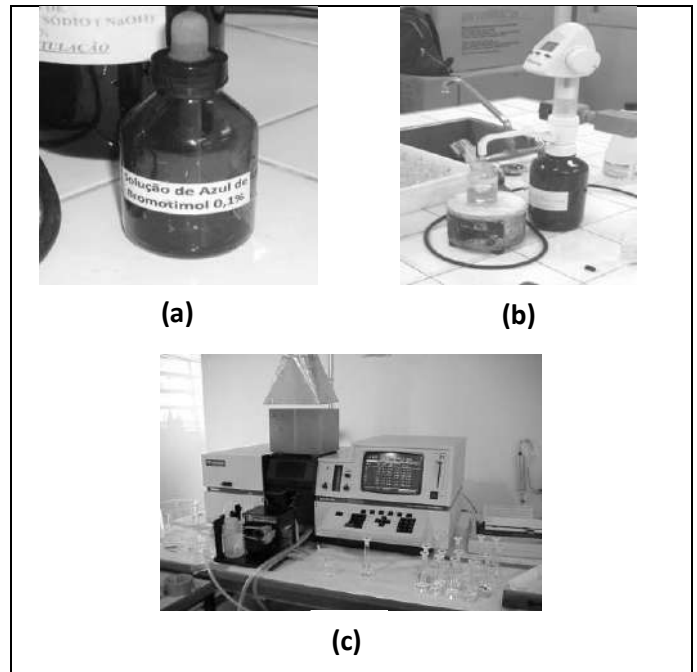


Figura 2 – Materiais para análises químicas (INPA).  
Fonte: Autores, (2019).

No tocante as análises químicas, inicialmente pesaram-se 40 g de solo argiloso em uma balança analítica e em seguida dividiu-se em 4 amostras para os ensaios químicos. Em seguida armazenaram-se as amostras em recipientes com tampa, sendo encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solo da Coordenação de Pesquisas em Ecologia (CPEC) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.

Para determinar o pH, empregou-se a concentração efetiva de íons  $\text{H}^+$  por meio de eletrodo combinado, diretamente imerso na solução de solo diluído em água na proporção de 1:2,5ml. Relativo à presença do Cálcio, Magnésio e Alumínio trocável, estes foram extraídos por KCl 1N, onde particularmente o  $\text{Al}^{3+}$  trocável foi titulado numa fração do extrato com NaOH 0,025 N, na presença de azul de bromotimol como indicador. Em outra fração do extrato demarcaram-se o  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  por Espectrofotometria de Absorção Atômica – EAA.

No caso do Fósforo, Potássio e micronutrientes do solo (Ferro, Zinco, Manganês e Cobre) foram extraídos com solução extratora de Mehlich I, também chamada de solução de duplo-ácido, constituída pela mistura de HCl 0,05 M +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,0125 M. A relação solo: extrato sugerido foi de 1:10 mL. O K, Fe, Zn e Mn, sendo (C) delimitados por Espectrofotometria de Absorção Atômica – EAA. O fósforo disponível foi indicado por colorimetria no Espectrofotômetro usando molibdato de amônio e ácido ascórbico a 3%.

Quanto aos experimentos de caracterização física executaram-se os procedimentos das normas NBR7181/84 – Análise Granulométrica, NBR6459/84 – Determinação do Limite de Liqueidez, NBR7180/84 – Determinação do Limite de Plasticidade, NBR 6508/84 – Determinação da Massa Específica, NBR7182/88 – Ensaio de Compactação. Os testes de Resistência à Compressão Simples (RCS) e Módulo de Resiliência (MR) realizaram-se na Universal Testing Machine – UTM 14, de suporte máximo igual a 14 kN, com auxílio do software Unbound Material Resilient Modulus and Shear Test - UTS009 1.28.

Para tais ensaios mecânicos confeccionaram-se corpos de prova cilíndricos nas dimensões de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura, segundo os parâmetros ( $\gamma_{\text{dmax}}$  e  $w_{\text{ot}}$ ) determinados no ensaio de compactação. Particularmente, o teste de MR (ensaio não

destrutivo sob cargas cíclicas) e o ensaio de RCS, que compreende a aplicação de uma carga crescente e contínua visando determinar a ruptura do material, seguiram o preconizado pela norma AASHTO T294 – Standard Method of Test for Resilient Modulus of Unbound Granular Base/Subbase Materials and Subgrade Soils (SHRP Protocolo P46).

Ressalta-se que tais ensaios executaram-se de duas formas imediatamente após a confecção dos corpos de prova, ou seja, sem tempo de cura, e após duas horas em estufa a 110°C. A exposição do corpo de prova a altas temperaturas tem como função provocar uma degradação de campo que ocorre em um longo tempo, isto é, simular um envelhecimento de forma acelerada [4,24].

Concernente a interpretação dos dados obtidos no ensaio de módulo de resiliência (Figura 3), empregou-se o modelo composto (equação A) proposto por Macêdo (1996) com efeito na aplicabilidade segundo a literatura, pois além de conter a tensões, confinante e de desvio, e os parâmetros determinados experimentalmente, este modelo apresenta  $\sigma_d$  em apenas um membro da equação do qual é mais aceitável do ponto de vista estatístico, como também não representa o MR somente em função da tensão confinante ( $\sigma_3$ ) por não ser o modelo mais adequado para expressar a coesão de solos argilosos [25].

$$MR = k_1 \cdot \sigma_3^{k_2} \cdot \sigma_d^{k_3} \quad (1)$$

Onde:

MR - Módulo de resiliência (MPa)

$\sigma_3$  - Tensão confinante (MPa)

$\sigma_d$  - Tensão desvio (MPa)

$k_1, k_2, k_3$  - Constantes experimentais

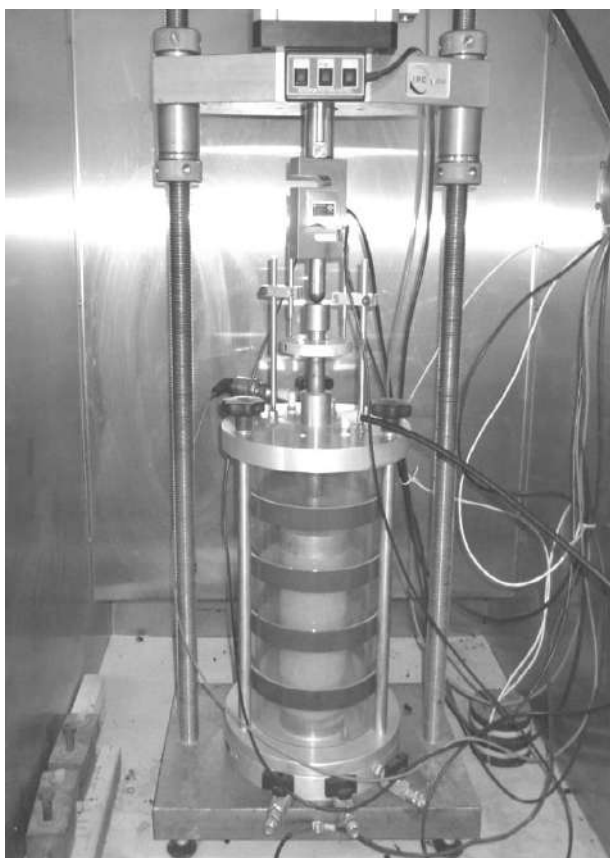


Figura 3 – Copo de prova submetido a ensaios mecânicos.  
Fonte: Autores, (2019).

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O pH constitui-se em uma medida bastante simples e expedita de determinação laboratorial, mas, sem dúvida, de grande importância. Reflete um conjunto complexo de reações do sistema solo-solução e é muito útil quando associado a propriedades do solo, como o estado em que se encontram as bases [26], e a solubilidade de micronutrientes em alguns extratores. O método original para a relação solo: solução (1:2,5) foi adotado em 1930 pela Comissão de Reação do Solo da Sociedade Internacional de Ciência do Solo.

De acordo com o manual de análises químicas de solos da EMBRAPA, o resultado do pH indicou excessivamente ácido o solo natural (amostra i), enquanto que as amostras com 2%, 3% e 4 % de CC (ii, iii e iv), presentes na Figura 4, foram consideradas pouco ácidas, conforme mostra a Tabela 1. Portanto, obteve-se para o solo natural pH igual a 3,5, e para as misturas com a cal de carbureto resultado em torno de 6,5. Enfatiza-se que o pH do solo varia de acordo com a região em que está localizado, como por exemplo, nas regiões ricas em calcários os solos mostram-se alcalinos (pH maior ou igual a 7), contrastando com regiões úmidas que correspondem a solos ácidos (pH menor ou igual a 7).



Figura 4 – Solo natural, solo + 2% de CC e solo + 4% de CC.  
Fonte: Autores, (2019).

Tabela 1 - Parâmetro pH do solo.

| pH            | Estado do solo       |
|---------------|----------------------|
| Abaixo de 4,5 | Excessivamente ácido |
| De 5,3 a 5,8  | Muito ácido          |
| De 5,9 a 6,4  | Ácido                |
| De 6,5 a 7,1  | Pouco ácido          |
| De 7, 2 a 8,0 | Alcalino             |

Fonte:

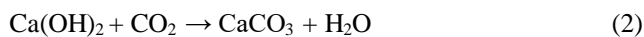
Autores, (2019).

A adição da cal de carbureto a base de CaO (óxido de cálcio), neutraliza a acidez do solo:  $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$ , e quando adicionada ao solo argiloso, ocorre o fenômeno de troca de bases com os minerais de argila. Essa reação leva à floculação das partículas argilosas, causando o aumento do ângulo de atrito da massa do solo [4]. O reagente óxido de cálcio se combina a água presente no solo e dá origem ao produto hidróxido de cálcio ( $Ca(OH)_2$ ), uma base que diminui a acidez do solo.

Na estabilização do solo com a cal de carbureto, tem-se a presença de uma determinante variável na obtenção de resistência mecânica, ou seja, o tempo das amostras permanecerem em cura, devido às reações promovidas entre a cal, água e os compostos presentes no solo [24]. Os ganhos de resistência são obtidos

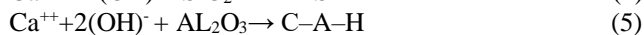
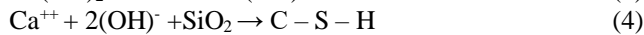


principalmente por meio de reações lentas como a carbonatação, conforme Equação 2:



Esta constitui-se em uma reação química prejudicial da cal com o dióxido de carbono presente na atmosfera, formando carbonato relativamente insolúvel [11]. Uma visão simplificada e qualitativa de algumas reações típicas de solo + CC pode ser apresentada a seguir:

Reações Pozolânicas



Sendo que o C-S-H (silicato hidratado cálcio) e o C-A-H (aluminato hidratado de cálcio) são os compostos com alto poder cimentante responsáveis pela resistência aparente do solo aditivado com cal de carbureto

Na avaliação da acidez do solo deve-se levar em consideração as características (C) acidez ativa (ou pH) e a trocável, a saturação por alumínio e por bases, a acidez potencial e o teor de matéria orgânica, que estão relacionadas entre si. Relacionada também com a acidez do solo está a disponibilidade dos nutrientes cálcio e magnésio e de micronutrientes como ferro e zinco.

Por outro lado, a eficiência de extração do fósforo disponível pelo método Mehlich-1 sofre grande influência da capacidade tampão de fosfatos do solo. Por isso, na interpretação da disponibilidade de fósforo são usadas características que estão relacionadas com a capacidade tampão, como o teor de argila ou o valor do fósforo remanescente. Mas como a capacidade tampão para o potássio não afeta a eficiência de extração pelo método Mehlich-1, também de pouco significado na maioria dos solos do campus, adotou-se apenas uma classificação para este nutriente.

Em fins analíticos e estudos dos casos de ocorrência de possíveis argilominerais ou não, expõem-se as concentrações dos micro e macronutrientes presentes nas amostras do solo podem ser verificadas na Tabela 2, enfatizando as frações obtidas pelo espectrofotômetro e absorção atômica e pelo espectrofotômetro ótico visível.

Tabela 2 - Parâmetro pH do solo.

| Amostras | (Mg/dm <sup>3</sup> ) |      |      |       |      |      |
|----------|-----------------------|------|------|-------|------|------|
|          | Ca                    | Mg   | K    | P*    | Fe   | Zn   |
| i        | 1,73                  | 0,06 | 0,20 | 0,014 | 0,69 | 0,24 |
| ii       | 4,44                  | 0,01 | 0,18 | 0,019 | 0,65 | 0,27 |
| iii      | 4,42                  | 0,01 | 0,14 | 0,010 | 0,12 | 0,22 |
| iv       | 4,30                  | 0,02 | 0,07 | 0,009 | 0,10 | 0,19 |

Fonte: Autores, (2019).

Conforme a Tabela 2 pode-se observar que a análise de fósforo revelou concentrações muito baixas desse elemento, o qual a concentração média de fósforo nos solos brasileiros é 1 mg/dm<sup>3</sup>, consoante classificação disposta pela EMBRAPA [2] A eficiência de extração do fósforo disponível pelo método Mehlich-1 sofre grande influência da capacidade tampão de fosfatos do solo, inferindo na interpretação da disponibilidade de fósforo por meio das características que estão relacionadas com a capacidade tampão, como o teor de argila e a umidade ótima.

Embora os cátions micronutrientes ocorram principalmente na forma divalente no solo, diferenças no caráter iônico de suas ligações químicas são suficientes para que somente o Fe<sup>2+</sup> e o Zn<sup>2+</sup> possam substituir extensivamente um por outro, pelo ferro ser o elemento mais abundante ante os micronutrientes tanto no solo natural quanto aos adicionados com CC. Por sua vez o zinco apresentou-se singularmente em termos de concentração nas quatro amostras, pois é um dos metais pesados mais móveis no solo. Portanto, os solos estudados apresentam propriedades (Ca, Mg, K) e acidez excessiva.

Os valores da CTC efetiva (média) refletem que estes solos, sob condições naturais ácidas, apresentam baixa capacidade de reter cátions, porém com espaços para fixação de outros componentes como hidróxido de cálcio. Em contrapartida, o zinco estimado em suas concentrações bastante regulares com média de 0,23mg/dm<sup>3</sup> é fortemente adsorvido pelos colóides provavelmente presentes no solo, o que ajuda a diminuir as perdas por lixiviação e aumentar o efeito residual.

Na análise de fósforo (Tabela 3), foi efetuada uma comparação com amostra de solo argiloso, utilizando as mesmas alíquotas como referência. O gráfico da Figura 5 alega uma reta típica de solos brasileiros intemperizados [27,28] e apresentam óxidos de Fe e Al e argilas do grupo da caulinita como principais constituintes da fração argila — minerais caracterizados pela presença de cargas de superfície variáveis segundo a reação do solo. Nas condições de reação ácida a moderadamente ácida, os óxidos de ferro e alumínio apresentam-se preferencialmente com cargas positivas, sendo assim capazes de reter em sua superfície vários tipos de ânions com predomínio de íons fosfatos. Esse fenômeno é conhecido como adsorção específica. Este tipo de adsorção é de baixa reversibilidade e constitui-se como principal responsável pela fixação de fósforo no solo. Isto justifica uma boa aglomeração e floculação dos componentes do solo com a cal de carbureto.

Tabela 3 – Parâmetros da análise do fósforo.

| X     | Y     | Y*      |
|-------|-------|---------|
| abs   | µg/ml | µg/ml   |
| 0     | 0.0   | 0       |
| 0,014 | 0.1   | 0,001   |
| 0.093 | 0.3   | 0.30011 |
| 0.183 | 0.6   | 0.59054 |
| 0.276 | 0.9   | 0.89065 |
| 0.362 | 1.2   | 1.1682  |

Fonte: Autores, (2019).

Y\* = Calculado

Obs.: Adsorção Atômica em Nanômetros

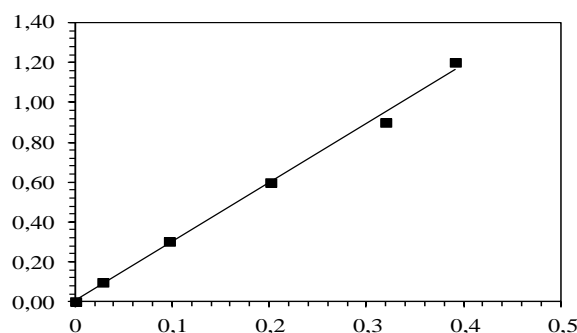


Figura 5 - Análise do Fósforo.

Fonte: Autores, (2019).

Inerente aos ensaios de caracterização física preparou-se amostras do solo, consoante a norma ABNT NBR 6457/1986, nas condições i, ii e iv. Submeteram-se tais amostras aos ensaios de granulometria, limites de consistência e compactação. No tocante a granulometria (Figura 6), o solo em estudo apresentou granulometria argilo-arenosa (amostras i), do qual se averiguou efeitos dos fenômenos de floculação relativos à associação do solo com cal de carbureto, cuja fração argila na presença do hidróxido de cálcio se agregou predominando grãos do tamanho areia porquanto as respectivas texturas: areno-argiloso — amostras ii e areno-siltoso — amostras iv. Do mesmo modo, o percentual de argila no solo natural (59,29%) denota a atividade de aglomeração perante os resultados da granulometria executada sem defloculante no procedimento de sedimentação (0,74%).

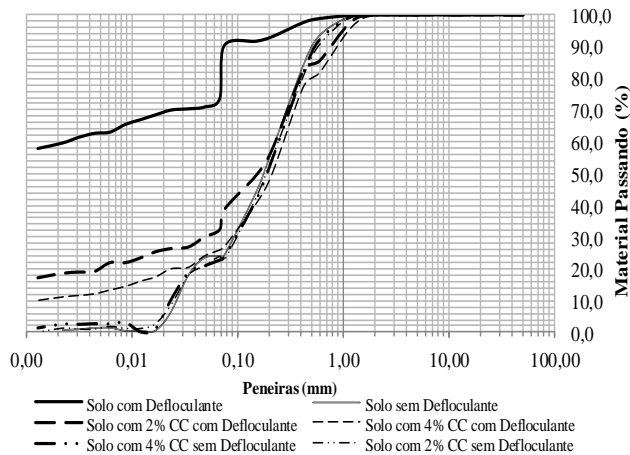


Figura 6 – Granulometria das amostras.

Fonte: Autores, (2019).

Assim como no ensaio de granulometria, o índice de plasticidade (IP) alterou pela inclusão no solo de CC, como demonstrado na Figura 7, ao solo igualmente devido a floculação das partículas de argila causada pela adsorção de íons  $Ca^{++}$  por meio do processo de permuta catiônica, do qual há um percentual de fixação de CC que remete a uma capacidade de adsorção máxima do  $Ca^{++}$  pelo solo, portanto, a partir deste ponto o IP muda minimamente [15].

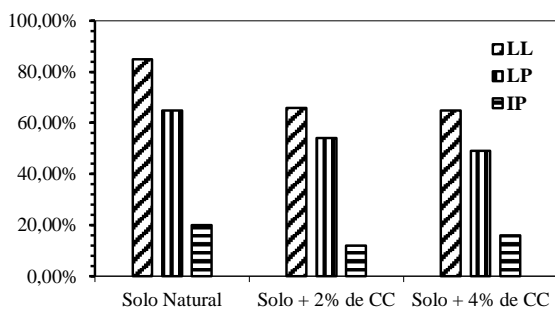


Figura 7 – Granulometria das amostras.

Fonte: Autores, (2019).

No ensaio de compactação realizado nas condições i, ii e iv, buscou-se verificar a influência da adição da CC nos parâmetros de compactação. A Figura 8 exhibe o resultado do ensaio, verificando-se ausência de significativa mudança no teor de umidade ótima. Do contrário, a massa específica aparente seca seguiu com um ligeiro acréscimo em seu valor. Tal comportamento difere do ilustrado em Suksun Horpibulsuk onde a massa específica aparente seca diminui com o teor de CC devido a sua massa específica ser baixa e ao aumento da umidade ótima do composto [15]. No

entanto, por se tratar de um resíduo industrial a CC pode ter composição química diferenciada a cada unidade produtiva, visto que a massa específica da CC utilizada atingiu valor semelhante ao do solo em questão ( $2,29 \text{ g/cm}^3$  para o hidróxido de cálcio e  $2,40 \text{ g/cm}^3$  para o solo argilo-arenoso).

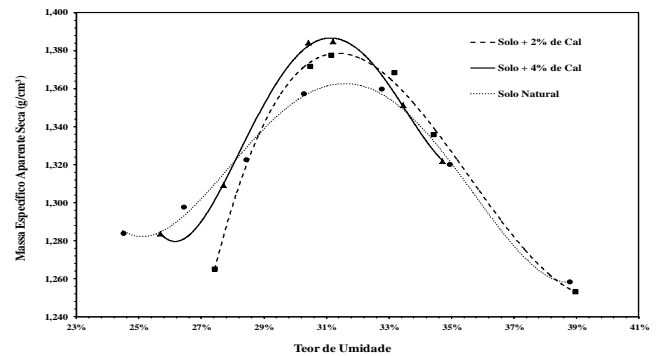


Figura 8 – Curvas da compactação.

Fonte: Autores, (2019).

Compressão Simples (Figura 9) denotou a estabilização do solo por meio da adição da cal de carbureto devido ao aumento da resistência do material tanto com o acréscimo do teor de CC como no envelhecimento em estufa, salientado pelo acréscimo em 95,37% da RCS do solo-4%CC envelhecido comparativamente ao solo natural envelhecido.

Relativo ao período de envelhecimento observa-se o acréscimo da resistência das misturas solo-cal de carbureto, cuja literatura conclui um crescimento de ajuste exponencial da RCS pela temperatura de cura, devido a aceleração das reações pozolânicas que formam os produtos cimentantes, os quais preenchem os vazios e cimentam os grãos, conferindo maior resistência ao material [27]. No tocante ao percentual de Cal de Carbureto, a resistência se eleva com o seu teor, no entanto existe um teor ótimo de CC e aumentar a quantidade de CC além deste não é benéfico comparativamente ao tempo de cura [16], como também a RCS de solo com CC aumenta ligeiramente em períodos iniciais se tornando estável posteriormente, razão atribuída ao tempo necessário para as reações químicas entre agente aglutinante e solo [17]. Destacando que, sob temperaturas elevadas a atividade pozolânicas é intensa, tendo como consequência a maior resistência das amostras, donde a literatura afirma que a temperatura de cura tem forte influência sobre o desenvolvimento das reações pozolânicas quando comparadas a amostras não curadas [27]. Do contrário, o solo natural tem sua resistência a compressão simples reduzida quando submetido ao envelhecimento acelerado, e nas duas condições (sem e com envelhecimento) possui valores de RCS inferiores aos solos com CC.

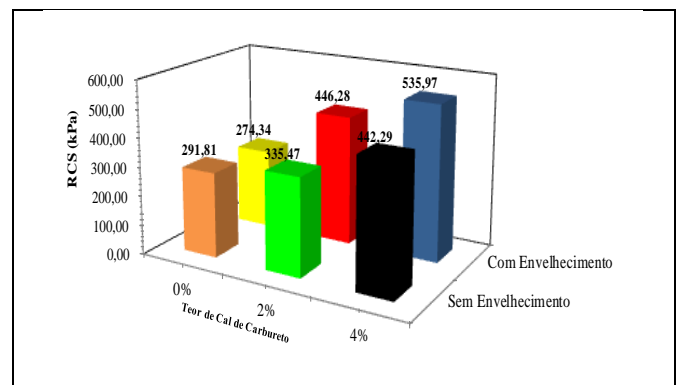


Figura 9 – Resistência a compressão simples.

Fonte: Autores, (2019).

Os dados obtidos pelo ensaio de Módulo de Resiliência — sequências cíclicas de tensões desvio, tensões confinantes e MR, foram interpretados no software LabFit a luz Modelo Composto, portanto determinando as constantes experimentais  $k_1$ ,  $k_2$  e  $k_3$  descritas na Tabela IV. De posse das equações deste modelo para cada condição solo-CC em análise, plotou-se as superfícies representativas do modelo com auxílio do software OriginPro 8.0, donde é possível correlacionar o comportamento resiliente das amostras entre si (Figura 10). De frente, assume-se bom desempenho para a condição solo + 4% CC sem envelhecimento, visto que seus valores de módulo de resiliência diante das tensões assume sobreposição às demais circunstâncias. Todavia, os corpos de prova envelhecidos apresentam maiores intervalos de MR perante um curto entremeio de tensão. Entretanto, de forma a analisar tais seguimentos particularizou-se os estados naturais e envelhecidos conforme Figura 11.

Tabela 4. Constantes experimentais.

| Teor de Cal de Carbureto | Condição           | Constantes |        |          |
|--------------------------|--------------------|------------|--------|----------|
|                          |                    | $k_1$      | $k_2$  | $k_3$    |
| 0%                       | Sem Envelhecimento | 125.3      | 0.3265 | -0.2235  |
|                          | Com Envelhecimento | 343.5      | 0.4013 | -0.05590 |
| 2%                       | Sem Envelhecimento | 139.2      | 0.1824 | -0.05312 |
|                          | Com Envelhecimento | 357.1      | 0.4318 | 0.003969 |
| 4%                       | Sem Envelhecimento | 147.1      | 0.2558 | -0.1278  |
|                          | Com Envelhecimento | 188.1      | 0.2143 | 0.02339  |

Fonte: Autores, (2019).

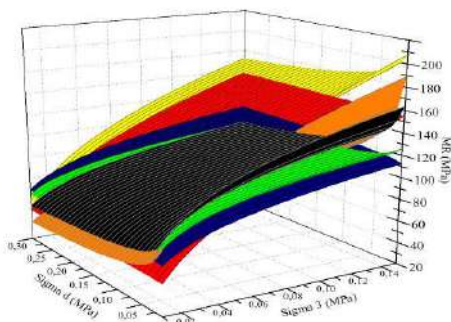


Figura 10 a. Módulo de resiliência x Tensão Confinante x Tensão Desvio.

Fonte: Autores, (2019).

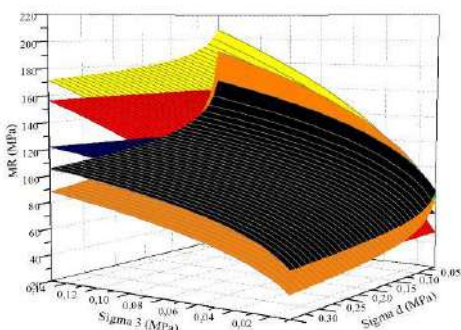
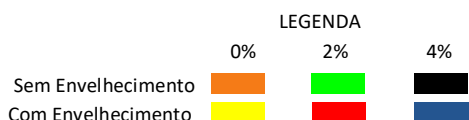


Figura 10 b. Módulo de resiliência x Tensão confinante x Tensão desvio.

Fonte: Autores, (2019).



Pela Figura 11.a, percebe-se os efeitos da estabilização do solo na presença da cal de carbureto quando comparada ao solo natural, com o aumento do módulo de resiliência por elevar a tensão confinante, ou seja, nas amostras submetidas ao ensaio após compactação dos corpos de prova (condição sem envelhecimento) visualiza-se a melhora do comportamento quanto à tensão confinante face ao acréscimo do partícipe de cal de carbureto. Oponente, a tensão desvio nos tempos iniciais infere a um regime regressivo do MR e no seu acréscimo estabiliza o MR do corpo de prova recém-compactado.

Não obstante, de acordo com a Figura 11.b, o envelhecimento em estufa desfavoreceu as amostras com CC, concluindo que no teor de 4% o módulo de resiliência tende a diminuir expressivamente pela adição de tensão confinante, no entanto faz-se necessário a análise de maiores percentuais do estabilizante a fim de confirmar a redução das propriedades mecânicas. Por outras palavras, observa-se que as superfícies gráficas de solos envelhecidos se interceptam com o aumento da tensão confinante e apresentam menores valores de MR consoante a elevação do teor do resíduo adicionado, no entanto em pequenos valores da tensão desvio o compósito apresenta constância do MR, opostamente as amostras recém-compactadas. Referente à aplicação da tensão confinante, nota-se o aumento do módulo de resiliência proporcionalmente a esta.

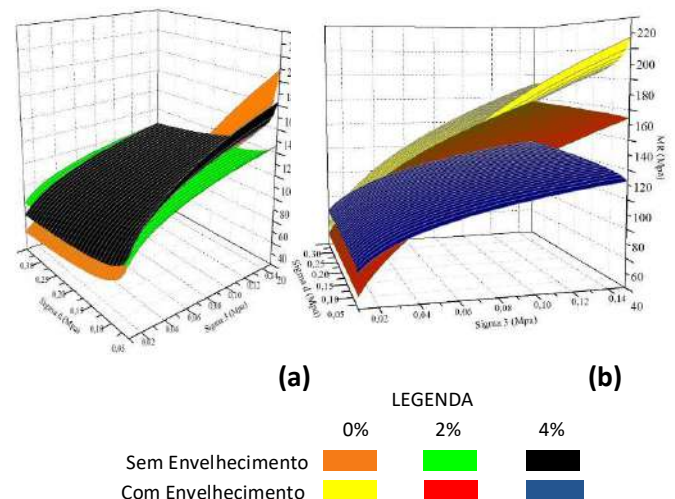


Figura 11. Módulo de Resiliência - Amostras Não Envelhecida x Envelhecida.

Fonte: Autores, (2019).

#### IV. CONCLUSÃO

Como o solo é formado por diferentes componentes, a quantidade total de qualquer micronutriente presente poderá estar disperso e distribuído entre esses componentes e ligados a eles por meio de ligações fracas até aquelas com alta energia. O pH afetou parcialmente os nutrientes do solo, onde o aumento do pH diminui a presença dos micronutrientes na solução do solo e nos pontos de troca catiônica. Contudo, por meio das análises químicas pode-se concluir a efetiva estabilização do solo com a adição de CC, pela capacidade de floculação por meio dos micro e macronutrientes presentes.

Atinente aos índices físicos, esta floculação propiciada pela cal de carbureto as partículas de argila, altera a granulometria do solo resultando na diminuição do índice de plasticidade do material, isto é, há ocorrência de permuta catiônica dos íons de  $Ca^{2+}$  entre a argila e o hidróxido de sódio.

Quanto ao ensaio de compactação, pode-se concluir que a CC agiu como material de enchimento que contribuiu para um aumento da massa específica aparente seca devido ao preenchimento dos vazios resultando, por conseguinte, em um material mais denso.

O comportamento mecânico do solo argiloso com a cal de carbureto implicou no melhoramento da resistência a compressão simples, sobretudo a condição envelhecida, e da resiliência, mormente ao estado não envelhecido suscitado pelas reações cimentantes proporcionadas na adição da CC ao solo. Por outro lado, este envelhecimento em estufa a 110°C desfavoreceu o desempenho resiliente das amostras, porém não menos aos compósitos com cal de carbureto, como também ao estado de pequenos valores de tensão desvio. Contudo, salienta-se que os compósitos com cal de carbureto apresentaram aumento da resistência as tensões estáticas e a constância do comportamento das amostras a respeito das deformações.

## V. REFERÊNCIAS

- [1] Eiras, J. F.; Becker, C. R.; Souza, E. M.; Gonzaga, F. G.; Silva, J. G. F.; Daniel, L. n M. F.; Matsuda, N. S.; Feijó, F. J. Bacia do Solimões. In: FEIJÓ, F.J. (Ed.). Estratigrafia das Bacias Sedimentares do Brasil. Boletim de Geociências Petrobrás, v. 8, n. 1, p.17-45, 1994.
- [2] EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1999. 412p. il. (EMBRAPA/CNPS-RJ. Documentos, 5).
- [3] Pereira, R. S., Viabilidade Técnica do Emprego de Resíduos da Indústria de Celulose para Construção de Estradas Florestais, Tese Doutorado, Universidade Federal de Viçosa (2005) 100.
- [4] Mehlich, A. Determination of cation and anion exchange properties of soils. Soil Science, 66: 429-445, 1948.
- [5] Webb, D.J. T. 1992. Lime stabilized soil blocks for third world housing p.246 -257. In N. Hill, S. Holmes & D. Mather. Lime and other alternative cements. Intermediate technology Publications. 390 p.
- [6] Frota, C. A; Evangelista, A. A. Estudo do Comportamento Geotécnico de Solos Tratados com Cal Hidratada de Carbureto. In: XII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2002, São Paulo. XII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2002.
- [7] Frota, C. A; Evangelista, A. A. Estudo do Comportamento Geotécnico de Solos de Manaus Tratados com Cal Hidratada de Carbureto.. In: XI Reunião de Pavimentação Urbana, 2002, Porto Alegre - RS. XI Reunião de Pavimentação Urbana, 2002.
- [8] Frota, C. A; Evangelista, A. A. Estudo do Comportamento Geotécnico de Solos Tratados com Cal Hidratada de Carbureto.. In: XII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2002, São Paulo. XII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2002.
- [9] Sant´Anna, W. C; Oliveira, B. C; Valença, P. M. A; Souza, R. J. Q; Rebelo, E. P; Frota, C. A. Misturas Solo-Emulsão para as Regiões Norte e Nordeste do Brasil.. In: 5º Congresso de Infraestrutura de Transportes., 2011, São Paulo. 5º Congresso de Infraestrutura de Transportes., 2011.
- [10] Souza, R. J. Q; Melo, D. M; Silva, C. L; Frota, C. A. Mistura Solo-emulsão para o Município de Manaus - AM. In: 3o. Congresso de Infra-Estrutura de Transportes, 2009, São Paulo. Anais do 3o. Congresso de Infra-Estrutura de Transportes. São Paulo: ANDIT, 2009.
- [11] Sant´Anna, W. C. Contribuição ao estudo de solo-emulsão em pavimentos de vias de baixo volume de tráfego para o Estado do Maranhão. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo: USP, 2009.
- [12] Rebelo, Eude de Paula. Misturas Solo-Emulsão para a Região de Urucu-AM. 2009. Dissertação (Mestrado em Programa de Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amazonas. Manaus: UFAM, 2009.
- [13] Ficha de informações de segurança de Produtos Químicos FISPQ n° P – 4786. Jun/2006. Disponível em: [www.whitemartins.com.br](http://www.whitemartins.com.br).
- [14] Ngowi, A. B., Improving the traditional earth construction: a case study of Botswana, Construction and Building Materials, (1997): 1-7.
- [15] H. Houlen, H. Guillaud. Earth construction: a comprehensive guide. Intermediate Technology Publications, London (1994) 326 p.
- [16] Suksun Horpibulsuk, Chayakit Phetchuay, Avirut Chinkulkijniwat, [Journal of Materials in Civil Engineering](#) Soil Stabilization by calcium carbide, ASCE, (2011) 10-11.
- [17] Y. Xizhong, L. Shudong, C.Wei, [Mechanic Automation and Control Engineering \(MACE\), 2010 International Conference on, Silt Subgrade Modification and Stabilization with Ground Granulated Blast Furnace Slag and Carbide Lime in Areas with a Recurring High Groundwater](#), IEEE Xplore, Wuhan (2010) 2065.
- [18] Frota, C. A; Santos, M. G. R; Nunes, F. R. G; Cantanhede, B. P. Estudo de Alternativas para a Estabilização do Solo Argiloso Superficial de Manaus. In: V Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, 2003, Porto Alegre - RS. V Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, 2003.
- [19] Frota, C. A; Evangelista, A. A. Estudo do Comportamento Geotécnico de Solos de Manaus Tratados com Cal Hidratada de Carbureto. In: XI Reunião de Pavimentação Urbana, 2002, Porto Alegre - RS. XI Reunião de Pavimentação Urbana, 2002.
- [20] Lovato, Rodrigo Silveira. Estudo do comportamento mecânico de um solo laterítico estabilizado com a cal, aplicado a pavimentação. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre: UFRGS, 2004.
- [21] Frota, C. A. ; Melo, D. M. ; Silva, C. L. ; Dantona, D. M. ; Nunes, F. R. G. ; Santos, M. G. R. . Uso da Cal de Carbureto como Substituto do Cimento Portland em Misturas Tipo AAUQ para o Município de Manaus. In: Congresso de Infra-Estrutura de Transportes, 2007, São Paulo. Congresso de Infra-Estrutura de Transportes, 2007.
- [22] Frota, C. A.; Alencar, C. L. S.; Nunes, F. R. G.; Passos, L. A. Caracterização de Misturas Asfálticas do Tipo AAUQ, para a

Região de Urucu, utilizando cal de carbureto.. In: 35ª Reunião Anual de Pavimentação, 2004, Rio de Janeiro. 35ª Reunião Anual de Pavimentação, 2004.

[23] Frota, C. A. ; [Nunes, F. R. G.](#) . Estudo da Cal de Carbureto como Filler em Misturas Asfálticas. In: 12ª Reunião de Pavimentação Urbana, 2003, Aracaju. 12ª Reunião de Pavimentação Urbana, 2003.

[24]. Nobrega, M.T. Características e Mecanismo de Estabilização de solos tropicais com cal e cimento em pista Experimental. 1995.233f. Tese (doutorado em Geociências) – Programa de Pós-graduação em Geoquímica e Geotectônica. Universidade de São Paulo, São Paulo.

[25] Frota, C. A. ; Evangelista, A. A. . Estudo do Comportamento Geotécnico de Solos de Manaus Tratados com Cal Hidratada de Carbureto.. In: XI Reunião de Pavimentação Urbana, 2002, Porto Alegre - RS. XI Reunião de Pavimentação Urbana, 2002.

[26] Y. J. Du, Y. Y. Zhang, and S. Y. LIU, Advances in Geotechnical Engineering Proceedings of the Geo-Frontiers 2011 Conference, Investigation of Strength and California Bearing Ratio Properties of Natural Soils Treated by Calcium Carbide Residue, ASCE (2011) 1240.

[27] Nunez, W.P. Estabilização físico-química de um solo de Arenito de Botucatu, visando seu emprego na pavimentação, 1991. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

[28] Thomé, A., Comportamento de fundações superficiais apoiada em aterros estabilizados com resíduos industriais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (1999) 76.

[29]. J. E. P. Guimarães. Estabilização de solo com cal: princípios básicos. Associação Brasileira dos produtores de cal, São Paulo. 102 p.

[30] Paiva Neto, J.E. De; Catani, R.A.; Queiroz, M.S. & Küpper, A. Contribuição ao estudo dos métodos analíticos e da extração para caracterização dos solos do Estado de São Paulo. In: Reunião Brasileira de Ciência do Solo, 1., Rio de Janeiro, 1950. Anais p. 79-108.

## REAL TIME ENERGY CONSUMPTION MONITORING SYSTEM USING SMART METERS END ARDUINO PLATFORM IN RESIDENCE

Suelen Lobato Gonzaga<sup>1</sup>, Livia da Silva Oliveira<sup>2</sup>, Anderson de Oliveira Castro<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Discente em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Fametro, Manaus – AM

<sup>2</sup> M.Sc. Centro Universitário Fametro, Manaus – AM

<sup>3</sup> M.Sc. Centro Universitário Uninorte, Manaus – AM

Email: [ellen.lobato@hotmail.com](mailto:ellen.lobato@hotmail.com), [oliveira.livia@gmail.com](mailto:oliveira.livia@gmail.com), [anderson.castro@uninorte.com.br](mailto:anderson.castro@uninorte.com.br)

Received: June 15<sup>th</sup>, 2019

Accepted: June 19<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

### ABSTRACT

The work consists of the development and implementation of a smart system for monitoring real-time electricity consumption using smart meters and the arduino platform installed in a residence in which, through smartphone, tablet, computer, etc., the consumer will follow the monitoring of their consumption. The following proposal of this device offers new means of reducing the consumption of electricity offered to the consumer. The construction of the system is based on Arduino technology where current and voltage sensors verify the consumption in real time, through meters installed in the residence. The consumer will be able to keep track of all the electricity consumption used at the moment, in which he can see in his electricity bill his monthly consumption and have a base of the amount to be paid. The intention is to make the consumer aware of their daily and monthly consumption, thus reducing energy and adding new values and solutions for energy efficiency in the area of Electrical Engineering.

**Keywords:** smart meter, energy efficiency, consumption reduction.

## SISTEMA DE MONITORAMENTO DE CONSUMO DE ENERGIA EM TEMPO REAL UTILIZANDO O MEDIDORES INTELIGENTES E PLATAFORMA ARDUINO EM UMA RESIDÊNCIA

### RESUMO

O trabalho consiste no desenvolvimento e implementação de um sistema inteligente de monitoramento de consumo de energia elétrica em tempo real, utilizando medidores inteligentes e a plataforma arduino instalados em uma residência no qual através de smartphone, tablet, computador, etc., o consumidor irá acompanhar o monitoramento do seu consumo. A proposta a seguir desse dispositivo oferece novos meios de redução no consumo de energia elétrica oferecidas ao consumidor. A construção do sistema é baseada na tecnologia Arduino onde sensores de corrente e de tensão verificam o consumo em tempo real, através de medidores instalados na residência. O consumidor conseguirá acompanhar todo o consumo de energia elétrica utilizada no momento, no qual poderá ver em sua conta de luz, seu consumo mensal e ter uma base do valor a ser pago. O intuito é fazer com o consumidor seja consciente de seu consumo diário e mensal, levando assim a redução de energia e agregando novos valores e soluções para eficiência energética na área da Engenharia Elétrica.

**Palavras Chaves:** medidor inteligente, eficiência energética, redução de consumo.

## I. INTRODUÇÃO

Com a necessidade de reduzir o consumo de energia elétrica, uma das maneiras mais eficientes ainda é o monitoramento constante sobre consumo. A proposta do presente trabalho consiste no desenvolvimento de um dispositivo capaz de coletar dados sobre o consumo energético residencial, para posterior visualização e armazenamento destes dados pelo consumidor. Dadas essas necessidades por parte do consumidor o monitoramento de consumo de energia permite de forma simples e objetiva aos consumidores monitorar o consumo (potência e custo em Reais) de equipamentos residenciais, através de qualquer dispositivo que tenha acesso a internet, como tablets, smartphones, notebooks. Este acesso será feito através de um site hospedado em um servidor específico, onde também serão guardados todos os dados obtidos nas medições [1].

Com a necessidade em ter uma resposta rápida, os usuários necessitam de informações em tempo real sobre o consumo de energia de seus equipamentos, para que possam monitorá-los e conferir resultados, como a redução na conta de energia elétrica. Sendo assim os consumidores precisam ter informações técnica mas sem muito esforço para isso [2].

A rede inteligente que pode ajudar o mercado de energia a aumentar o uso eficiente de energia monitorando e controlando remotamente a carga elétrica e definindo preços de energia eficientes afim de mudar a demanda do consumidor final. Recentemente, a demanda por eletricidade vem aumentando segundo o Ministério do Planejamento (2014), os brasileiros verão sua demanda de energia elétrica triplicar até o ano de 2050. Isso significa que cada habitante irá consumir cerca de 7.100 kWh por ano, conforme a Figura 1 [3].

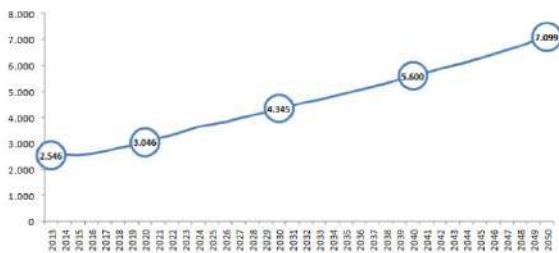


Figura 1 - Gráfico da Evolução da Demanda de Energia Elétrica.  
Fonte: [3].

Devido a este aumento significativo os usuários agora devem estar cada vez atentos a realizar o acompanhamento do consumo de sua residência. O monitoramento permite uma verificação diária do uso da carga levando assim a um consumo consciente [3].

As redes inteligentes tem sido parte integrante da eficiência energética, no qual consistem em melhor utilização da energia por parte dos consumidores, o gerenciamento da demanda do consumo vem cada vez criando espaço afim de reduzir as faturas de eletricidade. Onde o objetivo é o gerenciamento do consumo de carga após a colocação do equipamento [1].

As tecnologias avançadas usadas nas redes inteligentes habilitam a grade de forma inteligente para políticas de preços do consumo de energia, preços em tempo real. O preços variáveis da eletricidade podem ser baseados em dados de consumo ou demanda em tempo real, através da leitura e acompanhamento do uso da energia em tempo real, a rede de medidores inteligentes é conhecida como Infraestrutura de Medição (AMI). A AMI pode ser implementada usando uma ampla variedade de tecnologias de

comunicação que configuração remota, leitura de medidores e controle de aparelhos [1].

Uso dos medidores e o alerta de sobrecarga na rede, abre um leque de outros fatores favoráveis para a utilização desses medidores principalmente pelos consumidores mais prejudicados pelo a queima de eletrodomésticos e o uso indevido de redes irregulares [1].

Nos últimos anos muitos estudos foram realizados para gerenciamento residencial em uma rede inteligente, nesse artigo estudaremos o esquema de uma rede inteligente monitorado por um arduino, no qual teremos de forma precisa o consumo diário e mensal de uma residência, fazendo com que o consumidor final tenha controle do seu uso de carga por dia e hora a hora, através de seu celular [1].

Por fim o usuário terá acesso a várias informações referentes ao seu consumo energético, tais como através de tabelas sobre o consumo, consumo em tempo real, horário, diário, mensal, comparação de consumo entre os equipamentos monitorados. Obtendo o objetivo mas esperado pelo usuário que é o monitoramento de sua conta de energia e reduzir o consumo em sua residência [1].

## II. DESENVOLVIMENTO

### II.1 SMART GRID

Os Sistemas de Energia Elétrica (SEE) estão prestes a sofrer uma transformação de grandes proporções. Esta transformação consiste na modernização das tecnologias de geração, transmissão, distribuição e uso final da energia elétrica, visando abordar questões que vão desde as preocupações com mudanças climáticas e o envelhecimento das instalações atuais até a possibilidade de proporcionar ao usuário final maior participação no planejamento e operação do sistema. Essa nova concepção de SEE atende pelo nome genérico de Smart Grid [4].

A Smart Grid tem a capacidade de automaticamente detectar, analisar, responder e restaurar falhas na redes, essa é sua principal característica, um dos seus intuitos é fazer com que o usuário crie habilidade de operar a rede, tornando-se o mesmo independente [9].

A transformação da rede de energia elétrica atual para Smart Grid deverá acontecer de forma gradativa utilizando novas tecnologias de automação, computação e comunicações serão introduzidos em partes da rede, formando bolsões de sub redes com as característica da Smart Grid, à medida que os bolsões aumentam em número e capacidade, a rede elétrica como um todo tenderá parar em uma rede de novas visões. Essas nova tecnologias mais promissoras implementam mas ainda o conceito de redes inteligentes, pois utilizam-se de dispositivos conversores, baseados em eletrônica de potência, para controlar a energia, utilizando assim tecnologia avançada de medidores, sensores, comunicações digitais e computação, para a supervisão, controle e confiabilidade do fornecimento de energia [5].

A evolução da Smart Grid deverá seguir o seguintes padrões:

- Instalação da infraestrutura;
- Instalação da infraestrutura da comunicações;
- Disponibilização de ferramentas analíticas;
- Otimização operativa;

Sistema de coleta automática de dados dos medidores de energia é transferida para um sistema centralizado de processamento de dados, onde permite analisar a demanda onde permite checar a atuação dos dispositivos e preços [6].

Nas redes elétricas inteligentes, a confidencialidade atua de forma conjunta com a autenticidade e controle de acesso. Através de esquemas de ICP que garante-se a segurança ao mesmo tempo que se minimiza a sobrecarga computacional sistema. Com instalação dos medidores inteligentes, diversas aplicações podem ser implementadas dentre elas resposta a demanda, na qual as leituras frequentes de energia poderão ser realizados em intervalos predeterminados, geralmente isso acontece a cada 15 minutos, e outros intervalos entre 5 e 50 minutos podem ser definidos, dependendo da sua frequência, essa leitura pode indicar informações privativas do usuário, permitindo a um adversário ou mesmo a própria concessionária ter acesso aos perfis individuais, isso gerou controvérsias na aplicação dos medidores [7].

A integração das tecnologias produzirá um ambiente com grande potencial para a melhoria no desempenho no que diz respeito a confiabilidade, qualidade, economia na operação, e participação ativa dos consumidores [8].

Os medidores permitirão a leitura individual, conexão e desconexão de consumidores disponibilização de informações do preço da energia, reconfiguração no sistema e restauração de serviço.

Equipamento elétricos para uso em residências e estabelecimentos comerciais estão sendo equipados com recursos de controle capazes de alterar sua demanda em função se sinais de preço ou relacionados com a confiabilidade do sistema elétrico [9].

Um dos maiores desafios para o desenvolvimento de uma infraestrutura de medição avançada é planejar as posições de agregadores de dados. Como em uma rede elétrica inteligente cada residência possui um medidor, verificar manualmente as posições mais adequadas para que os agregadores os cubram, é uma tarefa praticamente inviável, principalmente em vizinhanças com alta densidade demográfica. Além disso, deve-se levar em consideração a capacidade máxima de cada medidor e posicioná-los de forma que não sobrecarreguem [10].

Em uma infraestrutura de medição avançada medidores inteligentes atuam como nos intermediários na comunicação, conectando medidores até uma central. Permitindo assim que consumidores tenham informação sobre a rede elétrica, podendo verificar a tarifação e dados de consumo energia em tempo real [11].

## II. 2 SMART METERS

A conscientização inicial da rede inteligente e dos medidores inteligentes foi baixa. A maioria os consumidores nunca foram confrontados com os termos "smart grid" ou "contadores inteligentes". No entanto, suas suposições gerais sobre o que os termos média foram bastante precisos. Depois de ser fornecido informações adicionais sobre a rede inteligente e o medidor inteligente conceitos, a resposta predominante do cliente sobre ambos os conceitos foi positivo [12].

A maioria dos consumidores reconheceu a necessidade de modernizar a atual infra-estrutura para preservar e melhorar a confiabilidade, bem fornecer uma plataforma para adicionar fontes renováveis de energia. Eles também confirmou o valor de ter acesso a novas tecnologias que irão fornecer informações para ajudá-los a gerenciar o uso de energia mais Reichheld, F., Markey, R. : "A questão final 2.0: como as empresas promotoras de redes prosperar em um mundo impulsionado pelo cliente" [12].

O modelo smart grid baseado no uso de medidores inteligentes confronta –se com alguns problemas como: o custo elevado, a indisponibilidade de serviços de comunicação para um grande volume de dados e o elevado nível de complexidade do

gerenciamento. Para a aplicação de um programa de tarifas diferenciadas no Brasil, além da substituição de aproximadamente 70 milhões de medidores, preve-se um crescimento de demanda, sendo necessário realizar alterações no atual modelo de negócio afetando a estrutura regulatório. ("Viabilidade Econômica da Instalação de Medidores Inteligentes em Baixa Tensão para consumidores Residenciais, 27 de Agosto, Santa Maria, Rio Grande do Sul) [1].

Assim como o dispositivo proposto neste trabalho os smart meters são medidores capazes de medir e enviar digitalmente leituras para seu consumidor, isso possibilita contas de energia mais precisas e um gerenciamento mais consciente do consumidor em tempo real [1].

Esses medidores também possuem dispositivos conectados a monitores ou integrados possibilitando a leitura através de smartphone, abaixo as vantagens desses medidores.

- Medidores inteligentes economizam tempo: As leituras são enviadas remotamente e em tempo real, não precisa ter muito conhecimento para conseguir fazer a leitura.
- É possível acompanhar o gasto de energia em reais, kilowatt hora, melhor controle de orçamento.

## II. 3 OPEN ENERGY MONITOR

A maioria dos medidores inteligentes no mercado hoje são derivados do projeto relacionado a open energy monitor, no qual tem como objetivo monitoramento de energia elétrica, no qual seu funcionamento consiste em medições feitas por sensores no qual envia para um processador central todo o levantamento do consumo de energia [13].



Figura 2: Medidor de energia.  
Fonte: [13].

## II. 4 ARDUINO

O arduino é uma placa de desenvolvimento, no qual utilizamos como uma plataforma de código aberto criada em 2005 pelo italiano Massimo Banzi no intuito de ajudar estudantes no desenvolvimento de design e projetos, seu principal objetivo foi criar uma plataforma para desenvolvimento de protótipo de baixo custo [14].

“O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica Open-Source que se baseia em hardware e software flexíveis e fáceis de usar. É destinado a artistas, designers, hobbistas e qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos. O Arduino pode sentir o estado do ambiente que o cerca por meio da recepção de sinais de sensores e pode interagir com os seus arredores, controlando luzes, motores e outros atuadores. O microcontrolador na placa é programado com a linguagem de programação Arduino, baseada na linguagem Wiring, e o ambiente de desenvolvimento Arduino, baseado no ambiente Processing. Os projetos desenvolvidos com o Arduino podem ser autônomos ou



podem comunicar-se com um computador para a realização da tarefa, com uso de software específico [14].



Figura 3: Arduino Uno.  
Fonte: [14].

O Arduino é formado por dois componentes principais: Hardware e Software. O hardware é composto por uma placa de prototipagem na qual são construídos os projetos. Já o software é uma IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado), que é executado em um computador onde é feita a programação, conhecida como sketch, na qual será feita upload para a placa de prototipagem Arduino, através de uma comunicação serial. O sketch feito pelo projetista dirá à placa o que deve ser executado durante o seu funcionamento. Conforme visto na Figura 15, a placa mais básica tomada como exemplo Arduino UNO (kit mais famoso da plataforma) possui diversos conectores que servem para interface com o mundo externo. Os pinos da placa se dividem nos seguintes moldes: - 14 pinos de entrada e saída digital (pinos 0-13): Esses pinos podem ser utilizados como entradas ou saídas digitais de acordo com a necessidade do projeto e conforme foi definido no sketch criado na IDE. - 6 pinos de entradas analógicas (pinos A0 - A5): Esses pinos são dedicados a receber valores analógicos, por exemplo, a tensão de um sensor. O valor a ser lido deve estar na faixa de 0 a 5 V onde serão convertidos para valores entre 0 e 1023. - 6 pinos de saídas analógicas (pinos 3, 5, 6, 9, 10 e 11): São pinos digitais que podem ser programados para serem utilizados como saídas analógicas, utilizando modulação PWM.

A alimentação da placa pode ser feita a partir da porta USB do computador ou através de um adaptador AC. Para o adaptador AC recomenda-se uma tensão de 9 a 12 volts (Embarcados.com, 2013). A linguagem de programação é modelada a partir da linguagem Wiring. Quando pressionado o botão upload da IDE, o código escrito é traduzido para a linguagem C e é transmitido para o compilador avr-gcc, que realiza a tradução dos comandos para uma linguagem que pode ser compreendida pelo microcontrolador. A IDE apresenta um alto grau de abstração, possibilitando o uso de um microcontrolador sem que o usuário conheça o mesmo e nem como deve ser usado os registradores internos de trabalho. A IDE do Arduino possui uma linguagem própria baseada na linguagem C e C++. O Ciclo de programação do Arduino pode ser dividido da seguinte maneira: Conexão da placa a uma porta USB do computador; Desenvolvimento de um sketch com comandos para a placa; Upload do sketch para a placa, utilizando a comunicação USB; Aguardar a reinicialização, após ocorrerá à execução do sketch criado. A partir do momento que foi feito o upload o Arduino não precisa mais do computador, o Arduino executará o sketch criado, desde que seja ligado a uma fonte de energia. Na Figura 16 observa-se as características construtivas da família Arduino [14].

## II. 4 ETHERNET SHILD

O Ethernet Shield permite que uma placa Arduino se conecte a internet. Ele é baseado no chip de ethernet Wiznet W5100 provendo um stack de rede (ponte entre Arduino e rede) que suporta os protocolos TCP e UDP. O Ethernet shield suporta até quatro conexões simultâneas e utiliza a biblioteca Ethernet.h para escrever sketches que se conectam à internet usando o shield. O Shield de ethernet conecta a uma placa Arduino usando pinos longos que se estendem através do shield. Isso mantém o layout de pinos intacto e permite que outro shield seja empilhado em cima. Existe um slot na placa de cartão micro-SD, o qual pode ser usado para armazenar arquivos como banco de dados para a rede e é compatível com o Arduino Uno e Mega. O Arduino se comunica tanto com o shield quanto com o cartão SD usando o barramento SPI (Serial Peripheral Interface é um protocolo que permite a comunicação do microcontrolador com outros componentes). Tanto o Ethernet Shield como a função SDcard compartilham o barramento SPI, então somente um pode estar ativo de cada vez (arduino.cc, 2016). O Shield fornece um jack padrão RJ45 de ethernet e o botão de reset no shield reinicia tanto a ele próprio quanto a placa Arduino. Suas especificações são [14]:

- Fonte de alimentação: 5V DC
- Interface: SPI
- Suporte cartão SD
- Suporta até quatro ligações de socket simultâneas.
- Compatível com Arduino versão standard / série Mega
- Tamanho: 72x55x32mm

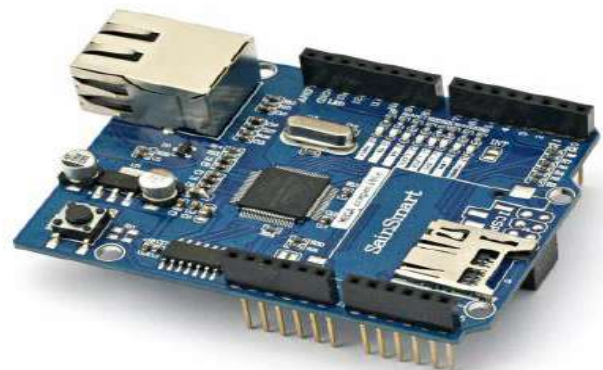


Figura 4: Ethernet Shield.  
Fonte: [14].

## II. 5 BLYNK

O Blynk, é uma ferramenta muito útil para quem deseja controlar seus projetos com Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, entre outras placas, com seu smartphone, através da internet [15].

Blynk é uma plataforma desenvolvida para iOS e Android para controlar Arduino, Raspberry Pi e outros dispositivos através da Internet de uma forma extremamente fácil. Consiste em um painel digital onde é possível construir uma interface gráfica para projetos, simplesmente arrastando e soltando widgets, sem complicações com plataformas mais complexas. É realmente simples de configurar tudo e você vai começar a mexer em menos de 5 minutos. O Blynk não está vinculado a algum dispositivo ou shield específico. Em vez disso, ele está apoiando hardware de sua escolha. Se um Arduino ou Raspberry Pi está ligado à Internet através de Wi-Fi, Ethernet ou o chip ESP8266, o Blynk poderá ir on-line e expor todas as informações importantes processadas que o projetista desejar [15].

Ferramentas necessárias:

- 1x NodeMCU
- 1x Dht22 ou Dht11
- Cabos Jumpers
- Led
- Smartphone (Android ou iOS)

## II. 6 MONTAGEM DO PROJETO

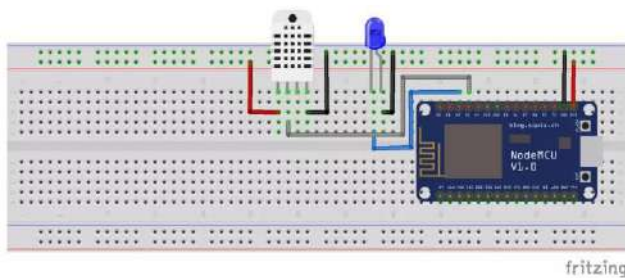


Figura 5: Circuito de ligação arduino e protoboard.

Fonte: [16].



Figura 7: Instalando o aplicativo.

Fonte: [18].

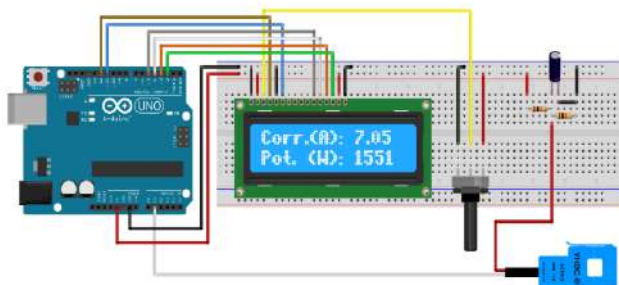


Figura 6: Circuito para medição de corrente.

Fonte: [17].

Materiais necessários para o circuito acima.

- 01 - Placa uno R3
- 02 - Cabo USB
- 03 - Fonte 9V 1A Plug P4
- 04 - Sensor de Corrente Não Invasivo SCT-013 20A
- 05 - Display LCD 16x2 Backlight Azul
- 06 - Barra de Pinos 1x40 180 Graus
- 07 - Protoboard 830 pontos
- 08 - Potenciômetro Trimpot 10K
- 09 - Resistor 10K 1/4W
- 10 - Capacitor 100µF 16V
- 11 - Jumpers Macho-Macho
- 12 - Fio Paralelo 1,0mm 1m
- 13 - Plug Tomada Macho
- 14 - Plug Tomada Fêmea
- 15 - Conector Audio Jack 3,5mm

## II. 7 INSTALANDO O APLICATIVO

Para começarmos a criação do nosso dashboard iremos primeiramente baixar o aplicativo **Blynk** na loja de aplicativos do nosso smartphone (Apple Store para iOS e Play Store para Android). Na Play Store, ao pesquisarmos a palavra Blynk, veremos que ele é o primeiro aplicativo disponível. Sabendo disso basta fazer o download do aplicativo normalmente.



Figura 8: Aplicativo mostrando a medição.

Fonte: [19].

## II.8 SENSOR DE CORRENTE NÃO INVASIVO

O sensor de corrente SCT-013 é muito versátil e tem como principal vantagem o fato de não precisar de contato elétrico com o circuito para medir a corrente elétrica alternada [18].



Figura 9: Sensor de corrente.

Fonte: [16].

Cálculo de corrente

$$I = P / E$$

Onde **I** é a corrente (em Ampéres), **P** é a potência (em Watts) e **E** é a tensão (em Volts). Aplicando a fórmula em um aparelho cuja potência é de 2200 Watts, ligado à rede elétrica de 220V, teremos uma corrente de **10A** (ampéres).

## II.9 PROGRAMAÇÃO

É necessário baixar a biblioteca **EmonLib** ([download](#)). Após baixar, descompacte e mova para a pasta *libraries* da IDE do Arduino. A **EmonLib** será utilizada para nos auxiliar a calcular o valor da corrente elétrica consumida.

Para sabermos quantos Amperes estão passando pelo condutor, basta realizar a seguinte programação:

```

1 //Programa : Medidor de energia elétrica com Arduino e SCT-013
2 //Autor : FILIPEFLOP
3
4 //Baseado no programa exemplo da biblioteca EmonLib
5
6 //Carrega as bibliotecas
7 #include "EmonLib.h"
8 #include <LiquidCrystal.h>
9
10 EnergyMonitor emon1;
11 LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
12
13 //Tensao da rede eletrica
14 int rede = 110.0;
15
16 //Pino do sensor SCT
17 int pino_sct = 1;
18
19 void setup()
20 {
21   lcd.begin(16, 2);
22   lcd.clear();
23   Serial.begin(9600);
24   //Pino, calibracao - Cur Const= Ratio/BurdenR. 1800/62 = 29.
25   emon1.current(pino_sct, 29);
26   //Informacoes iniciais display
27   lcd.setCursor(0,0);
28   lcd.print("Corr. (A):");
29   lcd.setCursor(0,1);
30   lcd.print("Pot. (W):");
31 }
32
33 void loop()
34 {
35   //Calcula a corrente
36   double Irms = emon1.calcIrms(1480);
37   //Mostra o valor da corrente
38   Serial.print("Corrente : ");
39   Serial.print(Irms); // Irms
40   lcd.setCursor(10,0);
41   lcd.print(Irms);
42
43   //Calcula e mostra o valor da potencia
44   Serial.print(" Potencia : ");
45   Serial.println(Irms*rede);
46   lcd.setCursor(10,1);
47   lcd.print(" ");
48   lcd.setCursor(10,1);
49   lcd.print(Irms*rede,1);
50
51   delay(1000);
52 }

```

Fonte: [19].

## II.10 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

O sistema para monitoramento de consumo de energia elétrica particular é um dispositivo portátil que deve ser acoplado a entrada de energia na caixa de disjuntores de uma residência. O sensor de corrente funciona como um alicate amperímetro (por isso é não invasivo) e o sensor de tensão faz ligação em paralelo com a entrada de cada fase. No caso deste dispositivo, será implementado somente para entrada monofásica para efeito de testes. O sistema é em tempo real pois, através do Ethernet Shield, os dados são enviados para uma nuvem na internet, podendo ser acessados através do aplicativo Blynk explicado no índice [15].

A confecção do equipamento se divide em algumas partes, a primeira de todas é a análise do hardware envolvendo a coleta de dados feita pelos sensores de corrente e pelos sensores de tensão e armazenando-os e processando-os no Arduino. Após a leitura e

processamentos desses dados, faz-se a comunicação entre o Arduino UNO e o Ethernet Shield para que os dados lidos e processados sejam armazenados em um banco de dados na rede, assim pode-se acessá-los de qualquer lugar que tenha acesso a internet. O dispositivo ao todo deverá ser discreto por contar com kits embarcados e tecnologias já condensadas em módulos. Para todo o sistema ser instalado em uma residência, necessita-se de um cabo RJ45 (internet) para ser conectado ao Ethernet Shield e com a outra ponta ligada ao modem com conexão para a internet. Os sensores ficarão posicionados ao lado da caixa de disjuntores, onde será analisado o consumo total, e o Arduino precisará de uma alimentação de 5V, podendo ser feito por pilha, porta USB ou mesmo um carregador de celular com essa tensão de saída [15].

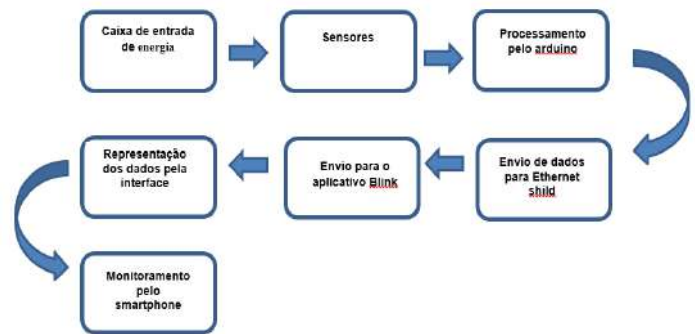


Figura 10: Fluxo de funcionamento do dispositivo.

Fonte: Autores, (2019).

## III. CONCLUSÃO

Foi possível compreender o conceito e a abrangência das redes elétricas inteligentes, a smart grid, entender os conceitos e as diferenciações relativas dos smart meters.

A utilização deste projeto pode propiciar a reavaliação dos padrões de hábitos de consumo por parte do consumidor com o intuito de otimizar o consumo energético, fazendo com que o valor pago mensalmente também reduza. Constatou-se que a leitura do consumo de energia elétrica em tempo real e de forma remota, gera maior conhecimento ao usuário, despertando sua curiosidade e consequentemente sua conscientização o consumidor passa a contribuir de forma direta com a eficiência energética e preservação do meio ambiente, passando a reduzir seu consumo. Com esse trabalho pude perceber que a área de informação ao usuário sobre o consumo energético é pouco explorada, e a parte mais complicada é convencê-lo a utilizar o sistema, pelo fato de ser algo novo e pouco explorado no Brasil.

## IV. REFERÊNCIAS

- [1] Nunes, Alexandre Corrêa. Desenvolvimento de Um Controlador de Demanda de Energia Elétrica Residencial. Florianópolis 2012. Tese (Graduação em Engenharia Elétrica). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.
- [2] Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Atlas de energia elétrica do Brasil / Agência Nacional de Energia Elétrica. – Brasília : ANEEL, 2002. 153 p. : il.1
- [3] Empresa de Pesquisa Energética – (EPE), 2016, p.198).
- [4] Djalma M. Falcão é M.Sc. pela Coppe (1973) e Ph.D. pela Universidade de Manchester, Reino Unido(1981).
- [5] (S.P.Chowdhury, P. Crossley, 2009).

- [6] (P.Myrda And K.Donahoe, Junho 2007).
- [7] . (Aranda Editora, novembro 2018, edição 47, pág 53).
- [8] (S.P.Chowdhury, P. Crossley,2009).
- [9] (A.G Phadke And J.S. Thorp, Springer, 2008)
- [10] (Okabayashi, 2014)
- [11] (Wenpeng, 2009).
- [12] Almeida, A. L. B. Desenvolvimento de um Sistema sem fios e Microcontrolado de Medição Inteligente de Energia Elétrica para Cargas Residenciais. 2011. 67f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto-MG, 2011.
- [13] Open Energy Monitor, 2016, disponível em > <https://openenergymonitor.org/>, acesso em 01 de maio de 2019.
- [14] Arduino, Ethernet Shield. Tutorial Arduino Ethernet Shield, Disponível em: < <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>>. Acesso em: 1 de Maio. de 2019.
- [15] BLYNK, disponível em <https://blynk.io>, 2014.
- [16] Portal Vida de Silício, disponível em > <https://portal.vidadesilicio.com.br/>, acesso em 01 de maio de 2019.
- [17] FILIPEFLOP disponível em > [https:// filipeflop.com](https://filipeflop.com), acesso em 20 de abril de 2019.
- [18] Blynk - IoT for Arduino, ESP8266/32, Raspberry Pi, 2019, disponível em > <https://play.google.com/store/apps/details?id=cc.blynk>, acesso em 14 de junho de 2019.
- [19] Departamento de Energia Elétrica, disponível em <http://www.uel.br/ctu/deel>, acesso dia 20 de abril de 2019.
- [20] Boylestad, Robert L.; NASHELSKY, Louis. Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos. 8 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.
- [21] Duailibe, Prof Paulo. Consultoria para uso Eficiente de Energia. Janeiro – 2000. Disponível em:. Acesso em: 20 de Abril de 2019.
- [22] Brito, João. 2013. Transformadores de tensão e corrente. Londrina, Paraná 2013. Relatório da matéria de Eletrônicos 1 da Universidade Estadual de Londrina. Vieira, A. C. G. Correção do Fator de Potência. 2o Edição. Rio de Janeiro: Editora Manuais CNI, 1989, p. 155. Flarys, F. Eletrotécnica Geral (1a Edição ed.). São Paulo: Editora Manole, (2006).
- [23] (D.S. Kirschen and G. STRBAC, 2004.).
- [24] Bolzani, C. A. M. Desenvolvimento de um Simulador de Controle de Dispositivos Residenciais Inteligentes: Uma Introdução aos Sistemas Domóticos.. 2004. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Eletrônicos) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2004.
- [25] Marchesan, M. Sistema de Monitoramento Residencial Utilizando a Plataforma Arduino. 2012. 62f. Monografia (Bacharelado em Tecnologia em Redes de Computadores) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2012.

## SYNTHESIS OF GRAFITE FROM AMAZONIAN RESIDUAL BIOMASS

George Lucas dos Santos Monteiro<sup>1</sup>, Thalysson Clementino da Cruz<sup>2</sup>, Anderson de Oliveira Castro<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Centro Universitário do Norte – UNINORTE - Laureate Universities, Brasil, Rua Leonardo Malcher, 715 – Centro, Manaus/AM.

Email: [jeorgelucas13@gmail.com](mailto:jeorgelucas13@gmail.com), [thalysson.eng@outlook.com](mailto:thalysson.eng@outlook.com), [anderson.castro@uninorte.com.br](mailto:anderson.castro@uninorte.com.br)

Received: June 15<sup>th</sup>, 2019

Accepted: June 19<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

The Amazon is the largest tropical forest in the world, with the richest biodiversity on the planet, producing a range of typical and exotic fruits, as well as housing native trees that make up its biome. The Amazon is the largest tropical forest in the world, with the richest biodiversity on the planet, producing a range of typical and exotic fruits, as well as housing native trees that make up its biome. The residual biomass ends up interfering negatively in the environment, because it is discarded like garbage, bringing losses that go from the clogging of sewers to the proliferation of diseases. In a visionary perspective, many researchers are working on the exploration of these biomasses for their use in the science and engineering of new materials, thus collaborating with the minimization of these wastes in the environment, using the so-called sustainable technological development. For this work the residual biomass from the açai stone was chosen, since only 15% of the fruit is harvested, being discarded as reject 85% in the urban environment. Thus, as the biomass consists of three main fractions, cellulose, hemicellulose and lignin, which contains abundant hydroxyl and carbonyl groups, these characteristics allow the maceration of açai stone to coordinate with several metallic ions, which can be used for the synthesis of carbon materials such as graphene and hence graphite, a material used to produce supercapacitor electrodes (EDLCs), which use carbon as an active material for the storage of electricity with high power density and life cycle. In this context, the present work aims to perform the graphite synthesis from the Amazonian residual biomass (açai stone).

**Keywords:** Synthesis. Graphite. Residual biomass. Amazon. Supercapacitor.

## SÍNTESE DE GRAFITE A PARTIR DE BIOMASSA RESIDUAL AMAZÔNICA

### RESUMO

A Amazônia é a maior floresta tropical que existe no mundo, com a mais rica biodiversidade do planeta, produzindo uma gama de frutos típicos e exóticos, além de abrigar árvores nativas que compõem seu bioma. A biomassa residual acaba por interferir negativamente no meio ambiente, pois é descartada como lixo, trazendo prejuízos que vão desde o entupimento de esgotos até a proliferação de doenças. Em um panorama visionário, muitos pesquisadores estão com a missão de explorar essas biomassas para fins de sua utilização em ciência e engenharia de novos materiais, colaborando assim com a minimização desses rejeitos no ambiente, empregando o chamado desenvolvimento tecnológico sustentável. Para este trabalho escolheu-se a biomassa residual proveniente do caroço do açai, pois são aproveitados somente 15 % do fruto, sendo descartado como rejeito 85 % no ambiente urbano. Dessa forma, como a biomassa é composta por três frações principais, celulose, hemicelulose e lignina, que contém abundantes grupos de hidroxila e carbonila, essas características permitem que o macerado de caroço de açai coordene com vários íons metálicos, o que pode ser usado para a síntese de materiais de carbono, tais como o grafeno e consequentemente o grafite, material utilizado para a produção de eletrodos supercapacitores (EDLCs), que utilizam o carbono como material ativo para armazenamento de energia elétrica com alto poder de densidade e ciclo de vida. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo realizar a síntese de grafite a partir da biomassa residual amazônica (caroço de açai).

**Palavras-chave:** Síntese. Grafite. Biomassa residual. Amazônia. Capacitores.

## I. INTRODUÇÃO

A Amazônia é a maior floresta tropical que existe no mundo, com a mais rica biodiversidade do planeta. Entre as variedades de animais e plantas, a região também produz uma grande diversidade de frutas típicas e exóticas, além de abrigar árvores nativas que compõem sua biomassa [1].

Nesse relance de frutos multivariados, verifica-se que a quantidade de insumos e resíduos produzidos a partir do seu consumo e utilização aumenta de maneira exponencial ao passar dos anos. Essa relevante concentração de biomassa residual amazônica acaba se transformando em lixo, pois não são descartadas de maneira correta e na maioria dos casos agrava o meio ambiente trazendo prejuízos que vão desde o entupimento de esgotos até a proliferação de doenças.

Uma biomassa residual amazônica em expansão é o caroço de açaí, onde o seu segmento produtivo é uma cultura consolidada no Estado do Pará, sendo este o maior produtor brasileiro, perfazendo 55% da produção nacional (111.073 toneladas, em março de 2015) e o maior consumidor possuindo um mercado de consumo tradicional e enraizado na sua própria região de origem [2].

Existem diversas aplicabilidades para esses resíduos, como por exemplo, na forma de amêndoa (panificação, fabricação de ração e fitoterapia), fibras (isolamento acústico, indústria automobilística, entre outros) e microfibras (indústria cosmética) [1].

O potencial desta semente faz jus á importância do fruto para o Estado, variando entre a produção de energia e o tratamento para câncer, passando até mesmo pela aplicação do rejeito para fins de fabricação de móveis. Vale ressaltar que estes dados levam em conta apenas o consumo da capital e municípios circunvizinhos. O consumo do estado inteiro pode elevar estes números às milhares de toneladas ao ano.

Além do destino final dado a variedade de biomassa residual existente na região amazônica, como é o caso do caroço de açaí, existem outras problemáticas que precisam ser solucionadas para a melhoria das condições de vida do planeta, em se tratando de energia, meio ambiente e clima.

Na sociedade atual, onde os modos de consumo de energia se intensificam a cada dia, a busca por alternativas eficazes de produção, distribuição e diversificação de energia tornam-se essenciais diante da dependência dos recursos energéticos [3].

Ao passo que as mudanças climáticas se tornaram mais intensas e o esgotamento dos combustíveis fósseis mais eminentes, as fontes de energia renováveis ganharam impulso como fontes viáveis de energia mais econômicas e favoráveis ao meio ambiente. Entretanto, a maioria das fontes de energia renováveis são inconstantes e intermitentes, sendo, portanto, necessário realizar estratégias e estudos voltados para os sistemas de armazenamento.

Entre os diversos sistemas de armazenamento, os supercapacitores são os proponentes mais promissores para o armazenamento de energia não somente nas energias renováveis, mas também em veículos híbridos e dispositivos portáteis devido à sua alta densidade de potência. Os eletrodos supercapacitores são geralmente feitos de carbono derivado da biomassa [4].

A biomassa é composta por três frações principais, celulose, hemicelulose e lignina, que contém abundantes grupos de hidroxila e carbonila, sendo que essas características permitem quer o macerado de caroço de açaí coordenem com vários íons metálicos, o que pode ser usado para a síntese de materiais de carbono, tais como o grafeno.

O grafeno é um material bidimensional formado por átomos de carbono com uma estrutura cristalina hexagonal, cujas

propriedades mecânicas e eletrônicas têm atraído interesse nas áreas tecnológica e de estudo fundamental. As propriedades físicas do grafeno são semelhantes àquelas dos nanotubos de carbono, porém possui uma superfície específica maior (~2620m<sup>2</sup>/g-teórico) [5].

Por apresentar propriedades diferenciadas, o grafeno tem atraído considerável interesse tecnológico. Os processos de preparação envolvem diferentes metodologias, que se baseiam na produção do óxido de grafite (GO) e sua posterior redução, com a formação do grafeno [6].

Nesse contexto, a síntese de grafite passou a ter uma visão mais ampliada para fins de armazenamento de energia pela biomassa residual, sendo que nos dias atuais, as baterias secundárias são os sistemas de armazenamento mais utilizados.

As baterias armazenam energia quimicamente, tanto nos eletrólitos quanto nos eletrodos que acabam sofrendo alterações físico-químicas durante o carregamento e a descarga, levando assim a baixa ciclosidade e baixa vida útil do material [7].

Assim suas aplicabilidades em armazenamento de energia são limitadas. Ao contrário das baterias, os supercondensadores possuem alta densidade de potência e estabilidade de ciclagem. Porém, sua utilidade no armazenamento de energia é limitada por sua baixa densidade de energia, resistência de série efetiva relativamente alta e alto custo [2,3].

Já os supercapacitores apresentam uma densidade de energia inferior à das baterias de ácido chumbo e íon de lítio. No entanto, eles têm maior densidade de potência e exibem ciclos de vida longos, alta capacidade de ciclagem e baixas preocupações de segurança em comparação com baterias secundárias, atraindo a atenção como novo sistema de armazenamento de energia [8].

À priori, os supercondensadores armazenam energia com base em dois comportamentos capacitivos: capacitância elétrica de camada dupla (EDL) e pseudocapacidade. Enquanto o primeiro é devido à interação eletrostática, a pseudocapitância é devido ao fenômeno farádico que envolve reações eletroquímicas rápidas e reversíveis.

Na pseudocapitância, as reações de redox estão entre o eletrólito e os materiais dos eletrodos. Os produtos das reações de redox são, portanto, elétrons que são então transferidos através de interfaces eletrodo / eletrólito [6,7,8].

O EDL tem a vantagem de que a cinética eletroquímica não está limitada pela resistência à polarização e nenhum inchaço dos materiais ativos é experimentado. A energia é armazenada em dois eletrodos porosos com coletor de corrente em cada eletrodo; a energia armazenada é liberada quando as cargas acumuladas na descarga do eletrodo.

O número de cargas armazenadas no eletrodo é proporcional à superfície do eletrodo e a energia armazenada é proporcional à quantidade de carga armazenada. Portanto, os materiais com alta área de superfície são considerados bons candidatos para eletrodo supercapacitor.

A melhoria do desempenho dos supercondutores pode ser atribuída por meio da descoberta de novos materiais de eletrodos, pela compreensão do comportamento dos íons em poros pequenos e pela concepção do sistema híbrido combinando eletrodos farádico e capacitivos. É de extrema importância transformar o macerado de caroço de açaí em materiais de carbono com estruturas específicas devido às ricas espécies carbonáceas que estão contidas nelas, dando uma maior aplicabilidade a essa biomassa residual proveniente da região amazônica.

Tais propriedades permitem que a biomassa residual do açaí seja uma matéria-prima eficaz para a síntese de materiais de carbono com estruturas específicas para certos condensadores de dupla camada eletroquímicos, mais conhecidos como

supercapacitores (EDLCs), que utilizam o carbono como material ativo, uma vez que os supercapacitores são uma classe de dispositivo para armazenamento de energia elétrica com alto poder de densidade, ciclo de vida longo, captura e armazenamento rápidos de energia [9].

Há pouco tempo, nanomateriais de carbono 2D com estruturas porosas estão atraindo enorme atenção na área de EDLCs devido a eles possuírem excelente propriedade de transporte eletrônico, como a do grafeno [101].

Diversos trabalhos [3,4,5,6,7,9] demonstram que o revestimento de carbono mesoporoso no grafeno e em grafite apresenta-se com excelência capacitância eletroquímica e ciclismo de alta estabilidade .

Devido a esse grande êxito das pesquisas houve uma maior inspiração para a sintetização de nanopartículas de grafite porosa (NPGP) como eletrodos para supercapacitores.

Nesse caso, a fim de minimizar a poluição ambiental e a escassez de recursos, é importante desenvolver um método econômico para a preparação de grafite para uso em EDLCs que são derivados da biomassa, tais como macerado de caroço de açaí.

Na síntese de grafite, o macerado de caroço de açaí é primeiramente coordenado com  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  e em seguida após a sua carbonização e remoção do catalisador, o NPGP é obtido.

A estrutura única do NPGP resultante permite um bom desempenho em supercapacitores (EDLCs). Um dos fatores positivos dessa sintetização é a formação de uma estrutura altamente porosa e benéfica para dar acessibilidade eletrolítica e rápida difusão no transporte de íons, fornecendo uma curta distância de difusão iônica [5,7].

Outro fator vantajoso é a excelente condutividade do plano 2D em nanopartículas de grafite, utilizada para facilitar o transporte rápido de elétrons durante processos eletroquímicos. Finalmente, independente do caminho que o NPGP está conectado, isto é, em paralelo ou em série, o NPGP, que atua como minicorrente de colecionadores, podem formar uma rede condutora no eletrodo [6,7,8].

A nanopartícula de grafite porosa sintetizada pode ser usada como eletrodos para avançar supercondicionadores com excelentes performances capacitivas. Nesta pesquisa utilizaremos o caroço de açaí como biomassa residual amazônica para fins de sintetizar o grafite, levando em consideração as suas condições nanotecnológicas como supercapacitores.

Dessa forma, esta pesquisa tem como objetivo analisar uma amostra de grafite, proveniente do caroço do açaí, utilizando-se da técnica de difração de raios-X, usando o equipamento do Laboratório de Materiais (LabMat) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

## II. METODOLOGIA

A biomassa residual amazônica a ser estudada nesta pesquisa é o caroço de açaí (Figura 1), fruto proveniente da palmeira *Euterpe olerace* (conhecida como açazeiro), considerada como a palmeira de maior importância econômica, social e cultural da região norte do Brasil, onde o Estado do Pará se destaca como o maior produtor e consumidor. Sendo assim, os caroços de açaí serão coletados nas ruas da cidade de Belém, no Pará.



Figura 1 – Biomassa residual Amazônica.  
Fonte: Autores, (2019).

Após serem coletadas, as amostras de caroço de açaí foram secadas em estufa por 72h, a uma temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$  (Figura 2).



Figura 2 – Caroços de açaí.  
Fonte: Autores, (2019).

A posteriori, os caroços foram triturados para melhor condicionar os testes de caracterização do material.

Em seguida foi pesado, em uma balança analítica 2,6 g de biomassa residual e imersa em 180 mL de soluções aquosas de  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{COCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{LiCl}$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  e  $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeCl}_3$ , todas a uma concentração de 0,1M, durante 4 horas, à uma temperatura de  $35^{\circ}\text{C}$ , com a finalidade de proporcionar a formação do composto BIOMASSA-ÍON METÁLICO.

Na sequência metodológica, o sólido foi recolhido e conduzido ao forno para procedimento pirolítico, durante 2 horas, nas temperaturas de  $900^{\circ}\text{C}$  e  $1100^{\circ}\text{C}$ , com uma taxa de aquecimento constante de  $5^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$  em nitrogênio atmosférico.

Logo após essa etapa, a amostra foi tratada com 120 mL de ácido clorídrico (HCl) 1,0 M à  $80^{\circ}\text{C}$ , durante 6 horas.

O composto obtido foi lavado com água destilada até ser neutralizado e seco em estufa, à  $80^{\circ}\text{C}$ .

Após a preparação do material analítico a ser estudado, realizou-se a caracterização do grafite por meio da DRX.

A parte experimental deste trabalho foi realizada no Laboratório de Materiais – (LabMat) da Universidade Federal do Amazonas, teve como objetivo apresentar características sobre funcionamento do equipamento de difração de raio X, bem como coleta de dados necessário à análise da grafite.

Após a preparação do primeiro material a ser analisado o porta-amostras foi fixado no equipamento de difração de marca Panalytical e modelo: Empyrean (Tabela 1) e analisado de acordo com parâmetros presentes na tabela abaixo.

Tabela 1: Parâmetros para análise.

| Passo (graus) | Radiação Incidente $\lambda(\text{Å})$ | Faixa de Leitura $2\theta$ (graus) | Tempo aproximado de Medida |
|---------------|--|------------------------------------|----------------------------|
| 0,02          | Cu- 0,15418                            | 10 – 100                           | 10 min                     |

Fonte: Autores, (2019).

Após o término das análises de difração de raio-x, três arquivos na extensão xy, foram gerados e encaminhados por e-mail para que pudéssemos utilizar na geração dos difratogramas correspondentes a cada amostra.

Na base de dados ICSD [1,2,3] foi feita a escolha de um arquivo de alta qualidade cartão 51688 com as características apresentadas na (Figura 3) descrita a seguir:



Figura 3 – Cartão 51688 – ICSD.

Fonte: Autores, (2019).

O programa Mercury 3.9 foi baixado gratuitamente do site: <https://www.ccdc.cam.ac.uk/Community/csdcommunity/free-mercury/>, nele foram parametrizados pontos importantes do ICSD-51688 para que fossem comparados com os dados do experimento, conforme vemos nos pontos a seguir. Identificação da célula unitária da grafite (Figura 4).

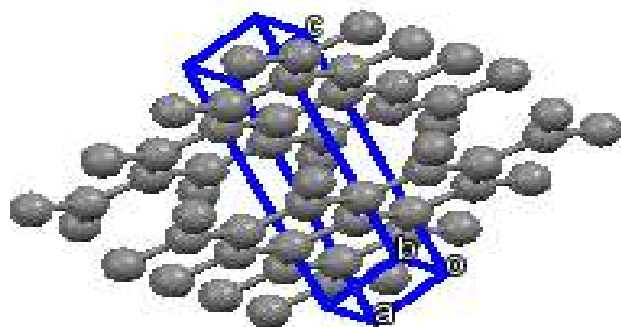


Figura 4 – Célula unitária do grafite no Mercury.

Fonte: Autores, (2019).

A seleção do comprimento de onda do cobre foi estabelecida na faixa de varredura entre  $10^\circ - 100^\circ$  e passo de  $0,02^\circ$  conforme aplicado durante o experimento, bem como a identificação dos índices de miller (Figura 5), além da geração de arquivo na extensão .xy e para posterior plotagem no OriginPro 2016.

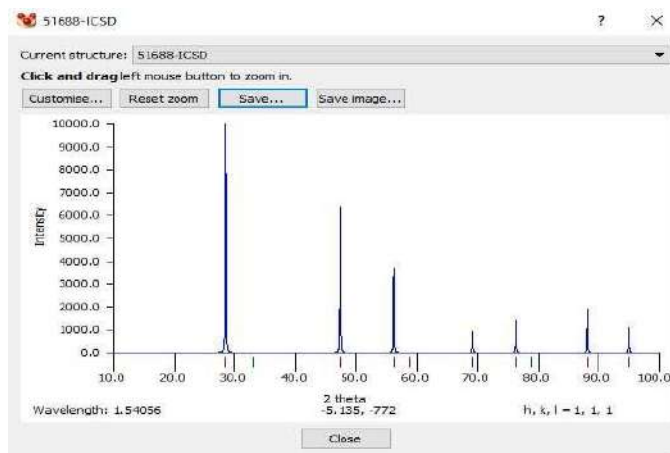


Figura 5 – Índices de Miller.

Fonte: Autores, (2019).

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio da efetivação da proposta de melhoria no *setup* de abastecimento de linha em uma empresa de motocicletas da Cidade de Manaus

Em conformidade com a natureza da técnica de DRX, os dados experimentais obtidos foram utilizados para confirmar as seguintes informações (DU et al., 2004):

Composição de fase de um material, incluindo análises qualitativas e quantitativas, juntamente com buscas de vários bancos de dados;

Índices de reflexões de Bragg, intensidades integradas observadas e parâmetros de rede precisos;

Distribuição das características da célula comum, a estrutura cristalina, quer para que o material tenha um dos já conhecidos tipos de estruturas cristalinas, ou para resolvê-lo dos primeiros princípios;

Detalhes estruturais precisos, incluindo posições de equilíbrio de átomos na célula unitária, deslocamento atômico individual e Parâmetros populacionais empregando o método Rietveld;

Várias características estruturais microscópicas da amostra.

Dessa forma, pôde se avaliar o comportamento da grafite em cada resposta do DRX, levando em consideração a grafite pura e com 12 horas de moagem.

No gráfico (Figura 6), referente a grafite pura, percebe-se a presença de um pico de difração (002) de intensidade elevada a  $2\theta$  de  $26,56^\circ$  corresponde ao espaçamento basal de 0,335 nm característico do grafite puro.

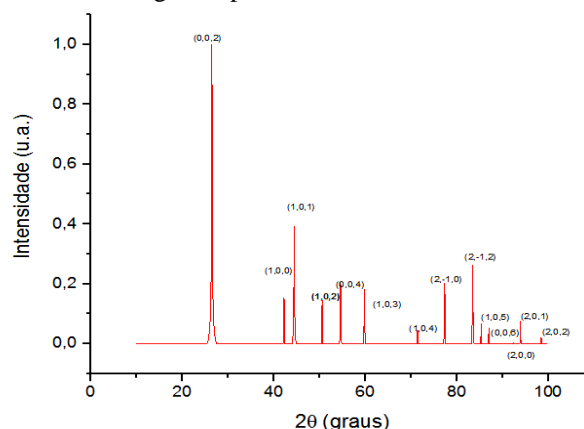


Figura 6 – Índices de Miller.

Fonte: Autores, (2019).



Este pico de difração, geralmente é um indicador que tem como finalidade avaliar o grau de oxidação da grafite. Isso pode ser verificado comparando-se o espectro de DRX obtido para a grafite e para o óxido de grafite, onde a ausência deste pico de difração (002) e o aparecimento de um pico a  $2\theta$  de  $10^\circ$  no óxido de grafite implica em uma completa oxidação do grafite.

A caracterização por difração de raios X também forneceu dados que permitiram o cálculo dos parâmetros de rede das amostras de grafite resultantes das duas sínteses em estudo, utilizando-se a equação de Bragg ( $2d \sin\Theta = \lambda$ ) onde  $d$  é a distância interplanar no cristal,  $\Theta$  é o ângulo entre o vetor de onda incidente e os planos cristalinos da amostra e  $\lambda$  (1,54 Å) é o comprimento de onda da radiação incidente.

O trecho dos difratogramas de raios X aqui mencionados abrangeu o ângulo  $2\theta$  entre  $10^\circ$  e  $80^\circ$ , onde aplicando a Lei de Bragg foi possível identificar um pico de difração em  $2\theta$  igual a  $10^\circ$ , o qual pode ser observado nos espectros DRX apresentados nos gráficos 1 e 2.

A grafite por apresenta uma estrutura do tipo lamelar, é formada por planos de átomos de carbono arranjados de forma hexagonal (camadas de grafeno) em hibridização do tipo  $sp^2$ . Logo, estas camadas são ligadas entre si, principalmente, por forças de interação fraca do tipo Van der Waals, permitindo deste modo a intercalação de grandes quantidades de espécies químicas (moléculas e íons) no espaçamento entre os planos, uma vez que a distribuição eletrônica dos planos é facilmente rearranjada.

Nesse fundamento são possíveis a formação de duas estruturas plausíveis para a grafite, dependendo da distribuição dos planos de átomos de carbono: estrutura hexagonal ou romboédrica.

As grafitas naturais apresentam-se quase sempre na fase hexagonal adquirindo fase romboédrica durante o processo de pulverização do mineral, apresentando uma condução elétrica anisotrópica, ou seja, a condutividade ocorre de maneira diferenciada na direção dos planos basais e na direção perpendicular aos planos, sendo muito maior (da ordem de  $3x$ ) a condutividade no plano basal, do que no sentido perpendicular dos planos.

No gráfico (Figura 7), percebeu-se a presença de um pico mais intenso e estreito para a amostra de grafite com 12 horas de moagem.

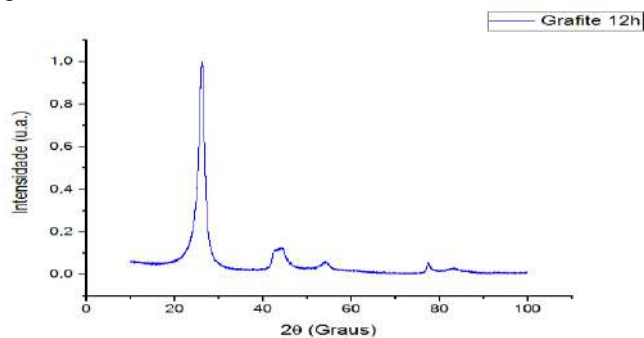


Figura 7 - Gráfico com 12 horas de moagem.

Fonte: Autores, (2019).

Esta diferença na intensidade e largura a meia altura do pico de Difração de Raios-X das amostras de grafite pode estar relacionada com o tamanho dos cristalitos. O tamanho médio dos cristalitos ( $L$ ) foi calculado utilizando a fórmula de Scherrer, apresentada a seguir:

$$L = K\lambda / \beta \cos \Theta$$

Onde,  $\beta$  é a largura a meia altura do pico obtido pelo ajuste do pico,  $\lambda$  é o comprimento de onda da radiação incidente (1,54 Å)

que depende do equipamento utilizado, e o valor de  $K$  depende do material a ser analisado, que para o carbono é de 0,90, onde verifica-se que o existe uma maior qualidade estrutural para o grafite com 12 h de moagem. Realizando a plotagem entre os três parâmetros amostrais percebemos o aparecimento descontínuo do deslocamento dos picos no gráfico a seguir (Figura 8).

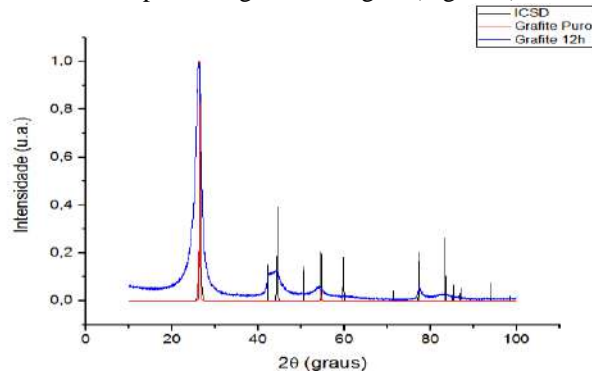


Figura 8 – Três parâmetros amostrais.

Fonte: Autores, (2019).

Observa que o pico em aproximadamente  $27^\circ$ , referente ao conjunto de planos (002) do grafite, sofre alargamento após o processo de oxidação, bem como o aparecimento de um pico em aproximadamente  $10^\circ$ , atribuído ao conjunto de planos (002) do óxido de grafite, relacionado à expansão das folhas do grafite devido à inserção de grupos oxigenados. Essa relação de intensidade entre estes picos está associada ao grau de oxidação da amostra, ou seja, quanto maior é a intensidade do pico em  $10^\circ$  em relação a em  $27^\circ$ , mais oxidada é a amostra.

Os resultados apresentados neste relatório confirmaram a possibilidade de se realizar o estudo da grafite por análise comparativa utilizando a técnica de difração de raios X, onde o controle dos parâmetros de síntese do óxido de grafite foi importante para a obtenção de um material com qualidade estrutural e o estudo do processo de moagem com 12h da grafite se mostrou eficiente para a obtenção do óxido de grafeno a partir da do óxido de grafite.

#### IV. CONCLUSÃO

A maioria das fontes de energias renováveis, com exceção da energia hidrelétrica, é de natureza intermitente e, portanto, precisam de sistemas de armazenamento. Os supercapacitores, entre os diversos sistemas de armazenamento, são os candidatos mais promissores para o armazenamento de energia não somente nas energias renováveis, como também em veículos híbridos e dispositivos portáteis, devido à sua elevada densidade de potência. Os eletrodos supercapacitores são quase sempre feitos de carbonos derivados da biomassa. Logo, este trabalho justifica-se pela relevância do tema, pois outro fator que está em alta nos últimos anos é a sustentabilidade empregada na biomassa residual amazônica. Após este estudo, pode-se aferir que a grafite se apresenta como uma estrutura do tipo lamelar, sendo formada por planos de átomos de carbono arranjados de forma hexagonal (camadas de grafeno) em hibridização do tipo  $sp^2$ . Estas camadas são ligadas entre si, principalmente, por forças de interação fraca do tipo Van der Waals, que permite a intercalação de grandes quantidades de espécies químicas (moléculas e íons) no espaçamento entre os planos, uma vez que a distribuição eletrônica dos planos é facilmente rearranjada. Dessa forma, ao comparar os difratogramas das amostras de grafite puro com a grafite com 12 horas de moagem, por exemplo, verifica-se picos característicos relacionados com os parâmetros de rede e com o deslocamento

atômico individual e da estrutura cristalina, podendo posteriormente realizar um estudo mais detalhado utilizando-se de outras ferramentas metodológicas, bem como a microscopia de varredura eletrônica. Assim, levando em consideração a questão econômica, social, tecnológica e ambiental, dado o reaproveitamento da biomassa residual de frutos amazônicos, tal como o caroço de açaí, um fruto consumido em grande escala pela região amazônica, o qual se apresenta muitas das vezes sem destino correto após a extração de seu sumo, este trabalho torna-se plausível a fim de sintetizar o grafite por meio desse resíduo em escala nanotecnológica para diversas aplicabilidades, entre elas, a produção de supercapacitores.

## V. REFERÊNCIAS

- [1] Fernandes, D. A.; Cardoso, A. C. D.; Almeida, L. M. L.; Kato, E. S. O Circuito Inferior da Economia Urbana na Amazônia: um estudo sobre o papel do mercado de batedores artesanais de açaí na economia da Região Metropolitana de Belém. In: Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos, 13, 2015. Anais. Curitiba (PR), 2015.
- [2] Turini, E. Conjuntura mensal: Açaí (fruto) – de 01 a 31/03/2015, Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB).
- [3] Pereira, S. C., Maehara L., Machado C. M. M., Farinas, C. S. 2015. 2G Ethanol from the whole sugarcane lignocellulosic biomass. *Biotechnology for Biofuels*, v. 8, p.1-16.
- [4] Zhang L. L; Zhao, X. S. “Carbon-based materials as supercapacitor electrodes,” *Chemical Society Reviews*, vol. 38, no. 9, pp. 2520–2531, 2009.
- [5] Wang, H; Yuan, X; WU, Y. et al. Graphene-based materials: Fabrication, characterization and application for the decontamination of wastewater and wastegas and hydrogen storage/generation. *Adv. Colloid Inter. Science*, v. 195-196, p. 19–40, 2013.
- [6] Zhao, W.; Kido, G.; Hara, K.; Noguchi, H. Characterization of neutralized graphite oxide and its use in electric double layer capacitors. *J. Electroanal. Chem.* v 712, p. 185.
- [7] Ferrero, G. A. Fuertes, A. B. and Sevilla, M. “From Soybean residue to advanced supercapacitors”, *Scientific Reports*, vol. 5, Article ID 16618, 2015.
- [8] Sekirifa, M. L; Hadj-Mahammed, S; Pallier, L; Baameur, D. “Preparation and characterization of an activated carbon from a date stones variety by physical activation with carbon dioxide,” *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, vol. 99, pp. 155–160, 2013.
- [9] Sevilla, M; Mokaya. “Energy storage applications of activated carbons: supercapacitors and hydrogen storage,” *Energy & Environmental Science*, vol. 7, no. 4, pp. 1250–1280, 2014.
- [10] Simons, P. L; Taberna, and F. Béguin, “Electrical double-layer capacitors and carbons for EDLCs,” in *Supercapacitors: Materials, Systems, and Applications*, pp. 131–165, Wiley-VCH, 2013.

## IMPROVED WEAR ON FEED CHANNEL OF GRAVITY CASTING MOLDS

Bianca Nunes Moura<sup>1</sup>, Allan Thiago Moura<sup>2</sup>, Ana Emília Diniz Silva Guedes<sup>3</sup>, Anderson de Oliveira Castro<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup> Discente em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário do Norte (UNINORTE). Manaus – Am.

<sup>3</sup> Coordenadora do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário do Norte (UNINORTE). Manaus – Am.

<sup>4</sup> Professor de TCC no Centro Universitário do Norte (UNINORTE). Manaus – Am.

Email: [bianca\\_nmoura@outlook.com](mailto:bianca_nmoura@outlook.com), [thiagomouraallan@gmail.com](mailto:thiagomouraallan@gmail.com), [anderson.castro@uninorte.com.br](mailto:anderson.castro@uninorte.com.br), [ana.guedes@uninorte.com.br](mailto:ana.guedes@uninorte.com.br)

### ABSTRACT

Received: May 24<sup>th</sup>, 2019

Accepted: June 25<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

In order to reduce wear and costs with replacement parts of the mold, analyzes were carried out in the casting process of the wheel, and through the Quality Tools it was observed that the feed channel (pouring cup) of the mold was more frequent than other parts. To assess the cause of wear, the Cause and Effect (4m's) diagram was used and it was found that steel in which the mold was manufactured did not have sufficient properties to withstand the temperature that aluminum was deposited in the mold, causing thermal cracking and premature wear of the part (pouring cup), needing to be manufactured with more resistant material that is the cast iron, raising its performance. With the implementation of the project, several positive results were obtained: 88% decrease in the annual cost of spare parts; reduction of 90% waste of raw material; decrease in waste generation and a 500% increase in leak-cup resistance.

**Keywords:** Casting, Mold, Alloy Wheel, Pouring Cup, Cast Iron.



## MELHORIA DO DESGASTE NO CANAL DE ALIMENTAÇÃO DOS MOLDES DE FUNDIÇÃO POR GRAVIDADE

### RESUMO

Com o objetivo de diminuir desgastes e custos com peças de reposição do molde, realizou-se análises no processo de fundição da roda, e através das Ferramentas da Qualidade foi observado que o canal de alimentação ( copo de vazamento ) do molde desgastava com mais frequência do que outras peças. Para avaliar a causa do desgaste, usou-se o diagrama de Causa e Efeito (4m's) e constatou-se que aço em que o molde era fabricado, não tinha propriedades suficientes para suportar a temperatura que alumínio era depositado no molde, ocasionando trincas térmicas e desgaste prematuro da peça (copo de vazamento), precisando ser fabricado com material mais resistente que é o ferro fundido, elevando seu desempenho. Com a implantação do projeto, obteve-se diversos resultados positivos como: Diminuição em 88% do custo anual com peças de reposição; redução de 90% desperdício de matéria prima; diminuição de geração de resíduos e o aumento de 500% na resistência do copo de vazamento.

**Resumo:** Fundição, Molde, Roda de Liga Leve, Copo de Vazamento, Ferro Fundido.

### I INTRODUÇÃO

Existem vários processos diferentes para se produzir peças fundidas, os mais comuns são: fundição por gravidade, por centrifugação, sob pressão e de precisão. Cada um se ajusta a determinadas exigências de qualidade, custo e tempo. Mas, basicamente, o início do processo, é a produção de um modelo ou de um molde [1].

Fundição de alumínio por gravidade é o processo cujo o alumínio em seu estado líquido é depositado no molde sem qualquer ajuda de força externa, somente com o auxílio da força gravitacional [3].

A turbulência no canal de descida e falta de pressão para garantir a alimentação, particularmente em ligas de solidificação pastosa, são problemas do processo de vazamento sob gravidade [6].

Moldes usados para fundição de ligas não ferrosas estão sujeitos a várias cargas térmicas e mecânicas, que exigem altas propriedades do molde. Existem inúmeros fenômenos que restringem a vida útil, os mais importantes são: Fadiga térmica, Erosão, Ataque do Alumínio e Trincas catastróficas [9] [10].

### I.1 FADIGA TÉRMICA

A Fadiga Térmica em moldes de fundição de alumínio ocorre em razão do molde estar sempre a uma temperatura significativamente inferior à da liga de alumínio que está sendo injetada. Consequentemente a superfície de trabalho da ferramenta é submetida a uma dilatação seguida de uma contração a cada ciclo de injeção. Estas tensões mecânicas induzidas termicamente levam a nucleação e propagação de trincas térmicas, que são trincas perpendiculares à superfície. Para um controle mais efetivo das trincas térmicas é necessária uma escolha adequada do aço e especialmente do tratamento térmico aplicado [8].

### I.2 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

As ferramentas da qualidade são métodos utilizados para a melhoria de processos e solução de problemas. O uso dessas ferramentas tem como objetivo a clareza no trabalho e principalmente a tomada de decisão com base em fatos e dados, ao invés de opiniões [17], são ferramentas da qualidade: Folha de Verificação é uma planilha para o registro de dados [18]; Segundo [19] O Diagrama de Pareto é usado quando é preciso dar atenção aos problemas de uma maneira sistemática; Diagrama de Causa Efeito (Ishikawa) mostra a relação entre uma característica da qualidade e os fatores [20]; [21] menciona que a planilha 5W2H ou 4Q1POC é uma ferramenta que auxilia no planejamento das ações que for desenvolver, ele é constituído de um relatório por colunas, cada uma delas acompanhadas por um título, palavras da língua inglesa: Why (Por que?), What (O que?), Who (Quem?), When (Quando?), Where (Onde?), How (Como?) e How Much (Quanto?).

## II DESENVOLVIMENTO

### II.1 MATERIAL E MÉTODO

Em uma determinada empresa do distrito industrial de Manaus, responsável por produção de motocicletas de até 300 cilindradas, realizou-se análises no processo de fundição da roda de liga leve.

O processo de fundição da roda, inicia com a fusão do alumínio no forno fusor, onde o alumínio no estado sólido passa para líquido, em seguida o alumínio líquido é transportado para o forno de espera, logo após, um braço robótico irá retirar o alumínio líquido do forno de espera e fará o vazamento no molde de fundição da roda. O processo de fundição pode gerar rebarbas, que são projeções indesejáveis de material [11], sendo assim a roda precisa fazer a retirada dessas rebarbas no processo de acabamento. Visando aumentar a dureza da roda fundida [12] é realizado o tratamento térmico. A usinagem deixará a roda nas dimensões desejadas, por fim a roda é pintada e montada. Processos esses demonstrados na Figura 1.

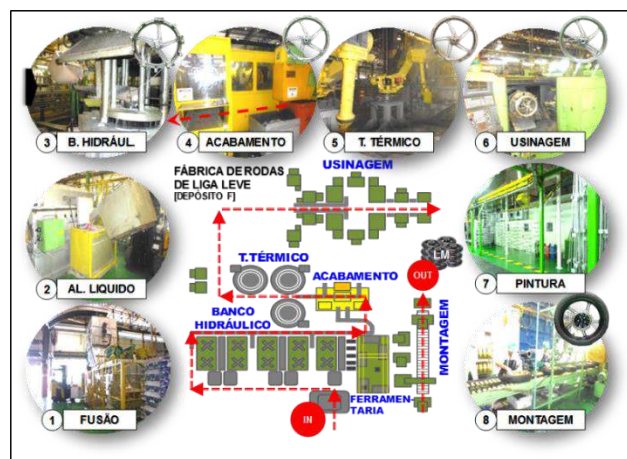


Figura 1: Processo de fabricação da roda liga leve.

Fonte: Autores.

A Figura 2 ilustra as principais peças de reposição do molde da roda de liga leve. Para iniciar o processo de fabricação do molde, é desenvolvido um projeto, e cada peça tem sua finalidade, como: Copo de vazamento é o canal de alimentação do molde e ele quem recebe toda turbulência do alumínio e é a segunda peça a entrar em contato com o alumínio líquido; em seguida vem o inserto do massalote, são “reservatórios” de metal líquido para alimentar a contração em várias regiões do fundido, é a última parte a ser solidificada [12]; o inserto superior é responsável de formar o centro da roda, ali será encaixado o disco de freio; a bucha e a coluna guia, formam um conjunto e juntas impedem que a parte superior e inferior do molde desalinhem [14]; o inserto inferior aloja o macho de areia, deixando uma cavidade oca no interior da roda. Todas as peças de reposição e as demais, são fabricadas de aço VH13, mais utilizado entre os aços para trabalho a quente [13].

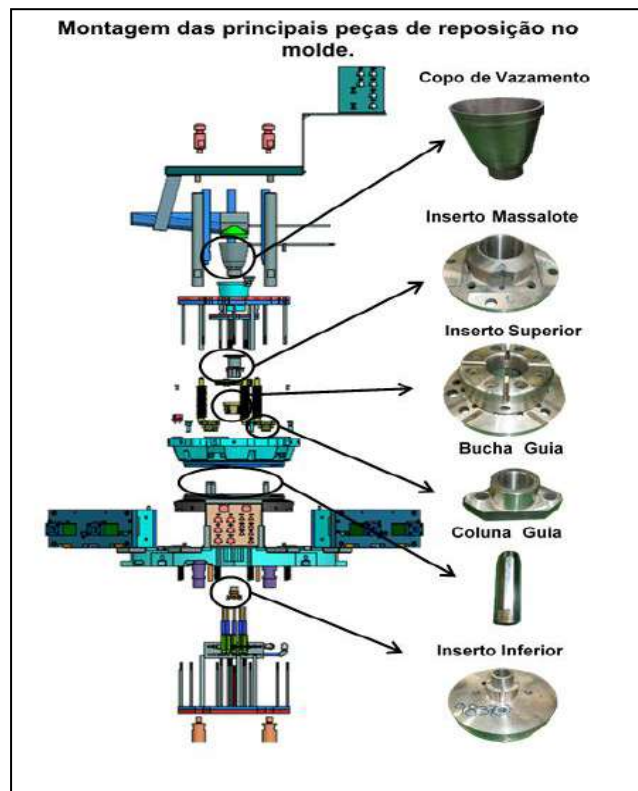


Figura 2: Desenho do molde da roda, destacando as principais peças de reposição.

Fonte: Autores.

Para identificar possíveis falhas no processo de fundição da roda de liga leve, através digrama de Ishikawa, que procura assim a tecnologia que possa efetuar o controle preventivo, qualidade, custo e produtividade são efeitos ou resultados deste controle de processo [15]. Foram analisados os seguintes indicadores: Qualidade, Custo, Logística, Gerenciamento, Segurança e Meio Ambiente, apontados na Figura 3.

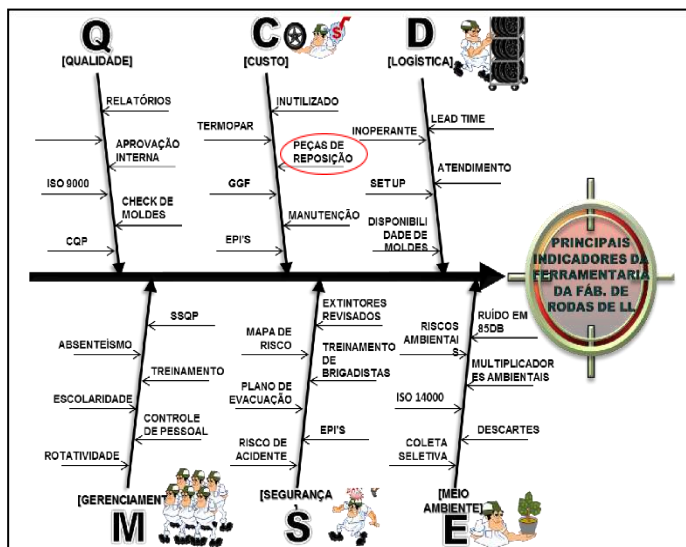


Figura 3: Diagrama de Ishikawa, utilizado para levantar causa raiz de um problema.  
Fonte: Autores, 2019.

Com base nas análises feitas no diagrama de Ishikawa, notou-se que tinha um custo muito elevado com peças de reposição dos moldes da roda. Para melhor analisar esses custos apontados pelo diagrama, consultou-se os históricos de manutenções realizadas nos moldes, afim de detectar quais peças estavam elevando os custos com peças de reposição, para priorizar e ordenar as frequências das ocorrências, criou-se o Gráfico de Pareto [16].

A Figura 4 expõe o Gráfico de Pareto e tem por objetivo analisar o consumo anual de peças de reposição, evidenciando o copo de vazamento com 60% do índice indicado pelo gráfico.

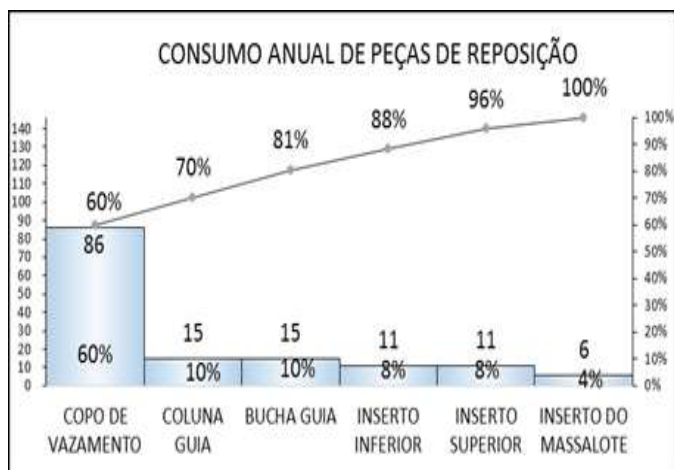


Figura 4: Análise de consumo anual de peças de reposição.  
Fonte: Autores, 2019.

Assim como o consumo, os custos anuais de peças de reposição também foram analisados, Pareto apontou novamente o copo de vazamento, tendo um custo de R\$ 395.600,00 por ano, destacados na Figura 5.

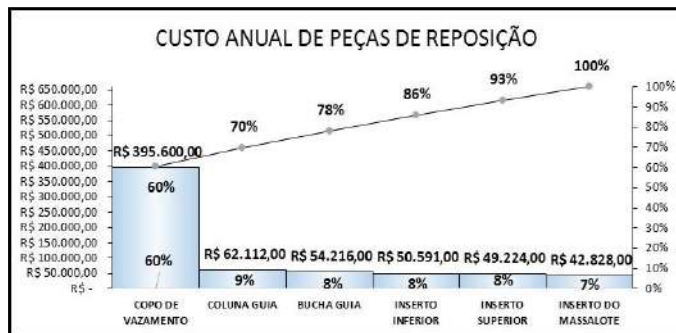


Figura 5: Análise de custo anual de peças de reposição.  
Fonte: Autores, 2019.

Com o propósito de saber o motivo do copo estar com índices de consumo e custos elevados, foram avaliados as quantidades de ciclos que o copo produzia e detectou-se que após a produção de 2 (duas) mil peças o copo desgastava, conforme evidenciado na figura 6.

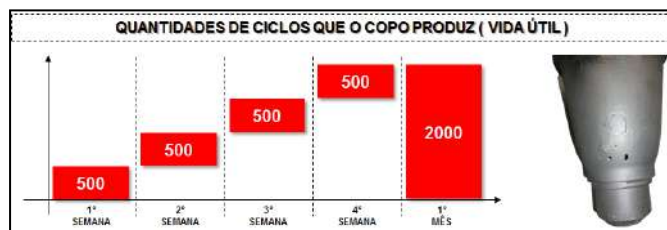


Figura 6: Quantidade de ciclos que o copo produz.  
Fonte: Autores, 2019.

O diagrama de 4M's que tem o mesmo intuito do Ishikawa, que visa analisar a máquina, o método, o material e mão de obra [23], foi utilizado para checar o desgaste do copo, chegando à conclusão que teria que investigar o material, pois não foi encontrado nenhuma falha nos outros indicadores e, como mostra a Figura 7.

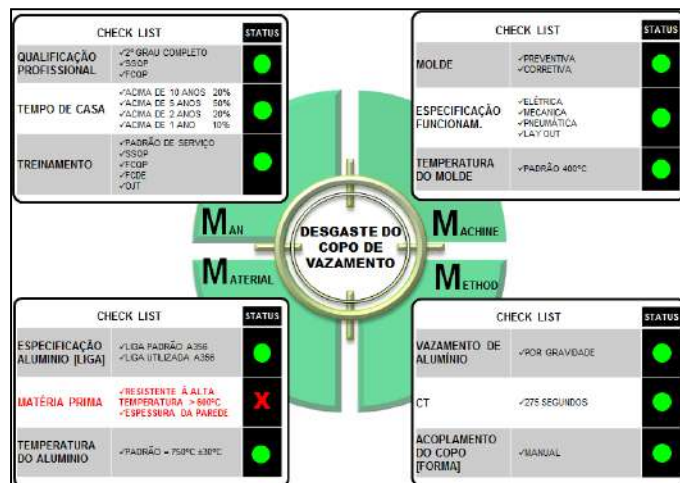


Figura 7: Análises do diagrama de 4M's.  
Fonte: Autores, 2019.

Averiguou-se o material do copo, que é o aço VH13. Segundo [7] o aço VH 13 consegue manter suas propriedades sem sofrer deformações até uma temperatura de 600 °C.

A temperatura de fusão do alumínio é de 660 °C [5], mas devido à perda de temperatura durante o processo e para evitar que o alumínio solidifique antes de preencher totalmente a cavidade do molde, é necessário que seja depositado com uma temperatura de

730 °C, evitando possíveis falhas e defeitos na estrutura da roda fundida.

A temperatura em torno de 700°C, promove o aquecimento da superfície do molde ocasionando trincas e fadigas térmicas. Com base nessas análises observou-se que a temperatura do alumínio, o ciclo elevado de produção e a turbulência gerada na hora em que o alumínio é depositado no molde, ocasionam a fadiga e consequentemente o desgaste prematuro do copo [2]. Como exposto na Figura 8.

| CHECK LIST                    |  | STATUS |
|-------------------------------|--|--------|
| ESPECIFICAÇÃO ALUMÍNIO (LIGA) | <LIGA PADRÃO ASSB<br><LIGA UTILIZADA ASSB                    | ●      |
| MATÉRIA PRIMA                 | >RESISTENTE A ALTA TEMPERATURA > 800°C<br>>ESPESOR DA PAREDE | ✗      |
| TEMPERATURA DO ALUMÍNIO       | >PADRÃO > 750°C <10°C  | ●      |

| MATERIAL   |   |
|--|---|
| <b>PROPRIEDADES DO AÇO VH-13</b>   |   |
| I. RESISTÊNCIA A CHOQUES TÉRMICOS  | ✓ |
| II. RESISTÊNCIA A TRINCA TÉRMICA   | ✓ |
| III. COMPOSIÇÃO QUÍMICA: CARBONO ( 0,37% ),<br>MANGANÊS ( 0,20% ), SILÍCIO ( 0,85% ),<br>CROMO ( 5% ), MOLIBDÊNIO ( 1,20% ) E<br>VANÁDIO ( 0,85% ) | ✓ |
| IV. TEMPERATURA DE TRABALHO IDEAL É DE<br>ATÉ 600°C  | ✗ |

Figura 8: Análises das propriedades do copo de vazamento.

Fonte: Autores, 2019.

Partindo do ponto em que o aço VH 13 não possui propriedades mecânicas capazes de evitar a fadiga e o desgaste prematuro do copo de vazamento, e tendo uma temperatura de trabalho de no máximo 600 °C, foram realizados estudos e pesquisas bibliográficas com a finalidade de encontrar um material que fosse capaz de suportar trabalhar com elevadas cargas cíclicas e temperaturas acima de 730°C, dentre os materiais encontrados destacou-se o ferro fundido.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os ferros fundidos são materiais indicados para fabricação de discos de freio [22], [4] fala que a operação nos discos de freios podem alcançar valores em torno de 800°C, sem perder as propriedades mecânicas. Chegando à conclusão que o Ferro fundido tem propriedades suficientes para trabalhos à uma temperatura de 800°C.

Fundamentados nas apurações obtidas, o material de fabricação do copo de vazamento, foi alterado de AÇO VH13 para Ferro Fundido

Com o trabalho implantado, conseguiu-se reduzir em 88% do custo anual com fabricação do copo, passando de R\$ 395.500,00 de custo com consumo de peças de reposição, para R\$ 47.120,00. Expostos na Figura 9.

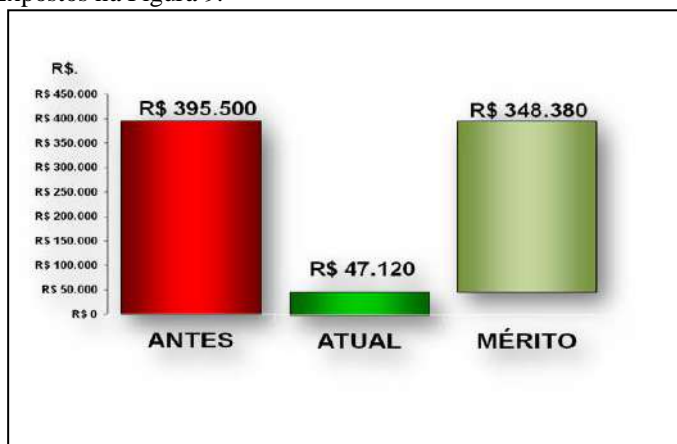


Figura 9: Comparativo dos custos antes e depois da implantação.

Fonte: Autores, 2019.

Para obter esse resultado, o tipo de fabricação do copo mudou de aço VH 13, para ferro fundido, e também o tipo de processo de fabricação mecânica, antes o copo era totalmente usinado, para isso usava-se um tarugo de 2'' de diâmetro, elevando o custo de fabricação de um único copo, devido o tempo elevado com usinagem de material para poder chegar nas dimensões desejada. Agora o copo passou a ser fundido. Foi feito um molde de areia nas dimensões aproximadas, expresso na Figura 10, com pouco desperdício de material e diminuindo o custo com fabricação do copo de R\$ 4.600,00 para R\$ 1.240,00.



Figura 10: Comparativo de antes e depois da matéria prima usada para fabricar o copo.

Fonte: Autores, 2019.

Com a mudança de matéria prima, obteve-se um aumento da qualidade do copo, que antes era trocado a cada mês ou 2 mil peças produzidas, agora passou a ser trocado a cada seis meses ou 12 mil peças produzidas, devido à alta resistência ao desgaste do ferro fundido e a resistência a alta temperatura. Salientados na Figura 11.

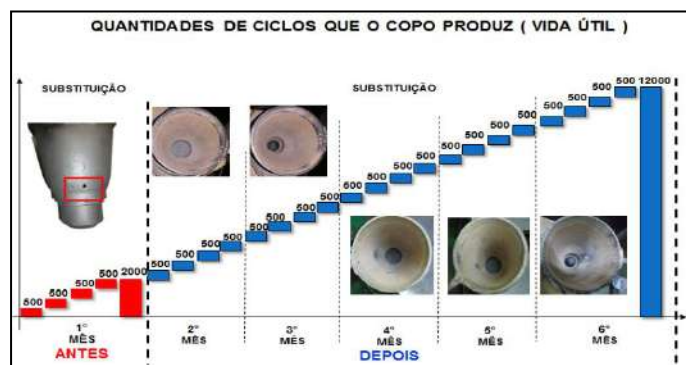


Figura 11: Análise feita mensalmente do copo depois da implantação do projeto.

Fonte: Autores, 2019.

A análise foi feita mensalmente, e constatou-se que o copo só apresentou desgaste depois de 12 mil peças produzidas.

A implantação do projeto teve ganhos significativos no meio ambiente, porque antes do projeto ser implantado, o copo era feito apenas com um processo que era usinagem. Para confeccionar o copo era usado um tarugo maciço de duas polegadas com um peso de 28 Kg, depois de implantar o projeto o copo semiacabado pesa apenas 6 Kg, reduzindo a quantidade de geração de resíduos, tendo uma redução de 2 toneladas por ano, além de reutilizar disco de freio de caminhão para a confecção do copo.

### IV. CONCLUSÃO

Todo material tem propriedades diferentes, e cada um é indicado para determinado tipo de processo. O aço VH 13 é um material específico para fundição de alumínio, mas sua temperatura de trabalho é de no máximo 600°C, com isso a temperatura do

alumínio de 730°C, fazia com que o aço sofresse deformações e o desgaste precoce, devido à alta temperatura e os ciclos elevados de produção. O ferro fundido é indicado para temperaturas mais elevadas, é mais resistente devido ao teor de carbono ser maior do que o do aço, sendo assim o material do copo foi alterado de aço VH 13 para ferro fundido, elevando seu desempenho.

A implantação do projeto trouxe diversos resultados positivos para a empresa, diminuindo em 88% o custo anual com fabricação do copo de vazamento, além de reduzir o desperdício de matéria prima, obtendo uma redução de 90% de geração de resíduos, porém o que mais impactou foi o aumento da resistência do copo de vazamento, saindo de uma vida útil de 2 mil peças, para 12 mil, um ganho de mais de 500% na vida útil do mesmo.

## V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Fundição. Disponível em: <  
<https://www.infoescola.com/quimica/fundicao/>> Acesso em: 2019 abr. 2019.
- [2] Tecnologia em metalurgia e materiais, são paulo, v.3, n.3, p. 63-68, jan.-mar. 2007. Disponível em: <  
[https://www.researchgate.net/profile/Celso\\_Barbosa3/publication/237786760\\_NOVO\\_ACO\\_FERRAMENTA\\_DE\\_ALTA\\_RESISTENCIA\\_A\\_QUENTE/links/56aa4c5908ae7f592f0f31f5/NOVO-ACO-FERRAMENTA-DE-ALTA-RESISTENCIA-A-QUENTE.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Celso_Barbosa3/publication/237786760_NOVO_ACO_FERRAMENTA_DE_ALTA_RESISTENCIA_A_QUENTE/links/56aa4c5908ae7f592f0f31f5/NOVO-ACO-FERRAMENTA-DE-ALTA-RESISTENCIA-A-QUENTE.pdf)> Acesso em: 2019 abr. 2019.
- [3] Braghetto, Antônio. et al. Processos de fabricação. v.1. São Paulo: Globo, 2000.
- [4] Limpert, R. Brake Design E Safety. Warrendale: Ed. SAE Interbational, 1999.
- [5] Chiaverini, Vicente. Tecnologia Mecânica. Processos de Fabricação e Tratamento. 2ª edição. Volume II. São Paulo, 1986. Editora McGraw-Hill Ltda. ISBN: 0074500899.
- [6] MOREIRA, Marcelo F.; FUOCO, Ricardo. Materiais de construção mecânica: Ligas de alumínio fundidas. Disponível em: <  
[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8210/1/PB\\_DAMEC\\_2017\\_1\\_08.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8210/1/PB_DAMEC_2017_1_08.pdf)> . Acesso em: 2019 abr. 2019.
- [7] Propriedades do aço vh13. Disponível em:<  
<https://www.ggdmetals.com.br/produto/aisi-h13/>> acesso em: 2019 mai. 2019.
- [8] Avaliação experimental dos efeitos da fadiga térmica nas propriedades mecânicas de um aço inoxidável austenítico. Disponível em: <  
[http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/sbps-7b4pp2/tese\\_alvaro\\_alvarenga\\_jr.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/sbps-7b4pp2/tese_alvaro_alvarenga_jr.pdf?sequence=1)> acesso em: 2019 mai. 2019.
- [9] North American die casting association. business solutions based on nadca research. die materials & technologies. wheeling. il: nadca, 2009.
- [10] Pellizzare, M. MolinarI, A. Straffellini, G.- Thermal Fatigue Resistance of Plasma Duplex-Treated Tool Steel. Surface & Coatings Technology. Vol 142, 2001 pag. 1109-1115.
- [11] Olvera O., Barrow G., 1996. An experimental study of burr formation in square. International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 36 (1996) 1005-1020.
- [12] Ligas de alumínio para fundição. Disponível em: : <  
[http://www.pmt.usp.br/pmt3402/material/ligas\\_aluminio\\_fundidas.pdf](http://www.pmt.usp.br/pmt3402/material/ligas_aluminio_fundidas.pdf)> 2019 mai. 2019.
- [13] Estudo do comportamento tribológico do aço aisi h13 submetido a tratamento termoquímico de boretção. Disponível em: <  
[http://www.tede.udesc.br/bitstream/tede/1509/1/Anael%20Krellin\\_g.pdf](http://www.tede.udesc.br/bitstream/tede/1509/1/Anael%20Krellin_g.pdf)> Acesso em: 2019 mai. 2019.
- [14] Saca pino pneumático. Disponível em: <  
<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2951.pdf>> Acesso em: 2019 mai. 2019.
- [15] Ishikawa, k. Controle de qualidade total: à maneira japonesa. Rio de Janeiro: Campus, 1993. P. 79
- [16] Aplicação do isa e diagrama de pareto como ferramentas de gestão do loteamento lagoa carapebus. Disponível em: <  
<https://www.lajbm.net/index.php/journal/article/view/120/73>> Acesso em: 2019 mai. 2019.
- [17] Aplicação de ferramentas de melhoria de qualidade e produtividade nos processos produtivos: um estudo de caso Disponível em: <  
<http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/1599/924>> Acesso em: 2019 mai. 2019.
- [18] Vieira, s. estatística para a qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços.rio de janeiro: campus, 1999.
- [19] Ramos, a.w. cep para processos contínuos e em bateladas. São Paulo: Fundação Vanzolini, 2000.
- [20] Kume, h. Métodos estatísticos para melhoria da qualidade. 11. ed. São Paulo: Editora Gente, 1993. 245 p.
- [21] Werkema, m.c.c. As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG; Fundação Christiano Ottoni, 1995. 108 p.
- [22] Fadiga termomecânica em ligas de ferro fundido cinzento para discos de freio automotivos Disponível em: <  
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/88/88131/tde-23062009-151607/en.php>> Acesso em: 2019 mai. 2019.
- [23] Análise de melhoria contínua na preparação de kit em uma fábrica de motores Disponível em: <  
[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10327/1/PB\\_DAMEC\\_2018\\_1\\_03.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10327/1/PB_DAMEC_2018_1_03.pdf)> Acesso em: 2019 mai. 2019.

## REDUCTION OF SCRAP INDICATORS THROUGH QUALITY TOOLS: A CASE STUDY OF A TWO-WHEEL SEGMENT METALWORKING INDUSTRY

Alexandre da Silva Freire<sup>1</sup>, Luciberg Soares Bobot<sup>2</sup>, Raquel Alves do Nascimento Corrêa<sup>3</sup>  
Marcelo DuarteVieira<sup>4</sup>, Anderson de Oliveira Castro<sup>5</sup>, Anderson Caldas de Oliveira<sup>6</sup>

<sup>1,2,5,6</sup> Universidade do Norte – Uninorte Av. Leonardo Malcher, 715 Manaus.

<sup>3,4</sup> Departamento de Engenharia Industrial, Universidade Uminho, Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal.

Email: [alexandre.asv4@gmail.com](mailto:alexandre.asv4@gmail.com), [lucibergsb@gmail.com](mailto:lucibergsb@gmail.com), [rakel.an@hotmail.com](mailto:rakel.an@hotmail.com), [marcelo.duarteep@gmail.com](mailto:marcelo.duarteep@gmail.com),  
[anderson.castro@uninorte.com.br](mailto:anderson.castro@uninorte.com.br)

Received: May 24<sup>th</sup>, 2019

Accepted: June 25<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

The present study aims to show that the analysis and problem solving using the quality tools in a machining sector in a metallurgical company located in Manaus Industrial Pole is effective in order to maintain or improve the quality of products. Clarification and reduction of the real causes of problems are a permanent attention and an important mechanism for maintaining customer focus, ensured through the use of quality tools. In this case study, the tools are used to investigate root causes at all stages of the organization's domain and address nonconformities through corrective action and preventive action, clearly indicating the importance and effectiveness of results through their use systematized.

**Keywords:** Quality tools, High scrap rate, Corrective action, Preventive action.

### REDUÇÃO DE INDICADORES DE SUCATA POR MEIO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE: UM ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA METAL MECÂNICO, SEGMENTO DUAS RODAS

### RESUMO

O presente estudo tem como objetivo mostrar que a análise e solução de problemas utilizando as Ferramentas da Qualidade em um setor de usinagem em uma empresa do ramo metalúrgico lotada no Pólo Industrial de Manaus, é eficaz, de forma a manter ou melhorar a qualidade dos produtos entregues, e, por conseguinte, manter ou aumentar o nível de satisfação de seus clientes. O esclarecimento e a redução das reais causas dos problemas são uma atenção permanente e um importante mecanismo de manutenção do foco no cliente, garantido através do uso das Ferramentas da Qualidade. Nesse estudo de caso, as ferramentas são utilizadas para investigação das causas raízes em todas as etapas de domínio da organização e o tratamento das não-conformidades através de ação corretiva e ação preventiva, indicando claramente a importância e a eficácia dos resultados através do seu uso sistematizado.

**Keywords:** Ferramentas da qualidade. Índice de sucata elevado. Ação corretiva. Ação preventiva.

### I. INTRODUÇÃO

Com a crescente globalização econômica, as estratégias para a competitividade exigem das empresas e do empresariado, uma verdadeira mudança cultural de uma forma abrupta e rápida,

porém até o início da década de 1990, o mercado nacional era fechado. As empresas tinham como foco o ganho proporcionado pela ciranda financeira. A partir da abertura da economia brasileira, no início dos anos de 1990, as empresas se depararam com uma nova realidade: a falta de competitividade entre as indústrias



nacionais, ora em qualidade ora em custos. E isso as obrigou a mudar o foco.

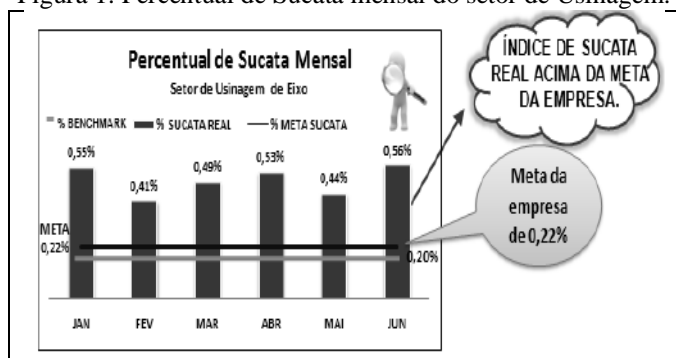
Em função das novas condições exigidas pelo cenário nacional, caracterizada por bons preços, menor prazo de entrega, exigência de qualidade, maior diversificação dos produtos e outros; em Manaus não foi diferente. Pelo contexto do próprio Pólo Industrial, que era muito focado na importação de produto, logo foi bruscamente atingido tendo assim que se adaptar a novo ambiente competitivo, novas mudanças de sistemas de produção e a introdução de novas tecnologias de informações exercem uma pressão na direção de uma organização diferenciada, que responda de forma rápida aos apelos e necessidades do ambiente externo, em busca de aumentos de produtividade e redução de custos na gestão de seus negócios.

Considerando essa avaliação, pretendeu-se com essa pesquisa estudar o sistema da qualidade de uma empresa do PIM, visando a utilização de Ferramentas da Qualidade e método para análise e solução de problemas a partir da área do controle da qualidade da empresa no setor de usinagem no processo de fabricação do produto eixo de transmissão para motos. A presente empresa enfrenta alto índice de não-conformidade no produto eixo de transmissão para motos, sendo a maior ocorrência de reclamações na empresa.

## II. DESENVOLVIMENTO

Atualmente o diálogo com o cliente permite que a empresa busque a excelência no atendimento. Mas, quando se trata de competitividade, é preciso ir além: prever suas necessidades e superar expectativas, até mesmo, porque a gestão pela qualidade assegura satisfação não só do cliente final, mas de todos aqueles que fazem parte dos diversos processos da empresa: clientes externos e internos; diretos e indiretos; parceiros e colaboradores em todos os níveis. E como colaboradora do setor de Engenharia de Processo da empresa estudada, foi observado que há uma necessidade de melhoria no setor de usinagem de eixo, pois conforme dados da produção, o índice de sucata encontrava-se elevado. Sabendo também que a organização possui o Sistema de Gestão da Qualidade implantado, passando a demonstrar para o seu cliente, total capacidade de fornecer produtos que atendam aos requisitos do cliente, aumentando a satisfação do mesmo por meio da melhoria contínua do sistema. Buscou-se com a aplicação das ferramentas da qualidade reduzir o índice de sucata do setor.

Figura 1: Percentual de Sucata mensal do setor de Usinagem.



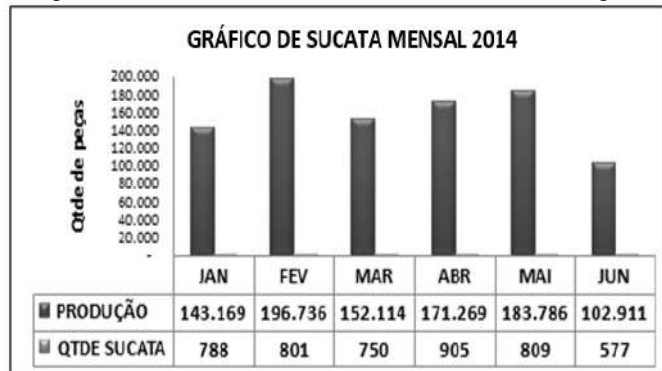
Fonte: Autores, (2014).

Durante o período de janeiro à junho, o produto eixo de transmissão apresentou um número elevado de sucata, cuja quantidade equivale ao índice mensal de sucata acima da meta (ver figura 1).

A meta da empresa é de 0,22% em relação à quantidade de peças produzidas. O Benchmark com outras empresas do

mesmo segmento é de 0,20%. A empresa mantinha um índice de mínimo de 0,41% e máximo de 0,56% de sucata, gerando um elevado custo com desperdício. Em uma análise, foi constatado que apenas atingindo a meta, a indústria reduziria mais de 50% da sucata mensal e com redução média de 0,27% de sucata, seria possível o atendimento da meta da empresa. Isso representa uma redução com desperdício de sucata de aproximadamente R\$ 50.000/ano.

Figura 2: Gráfico de Sucata mensal do setor de Usinagem.



Fonte: Autores, (2014).

Na figura 2, é possível visualizar que a empresa apresentou um total de 4.630 peças de sucata no primeiro semestre de 2014, isto significa aproximadamente 770 peças por mês. Considerando a meta do índice da empresa de 0,22% em média a quantidade de sucata seria de 348 peças e não de 770 peças como mostra os dados acima.

Essa quantidade dobrada de sucata é resultante das falhas internas que são os custos que a empresa paga pela má qualidade observada antes que o cliente se dê conta. Quando a peça considerada como sucata chega ao cliente, é considerado como falhas externas, que são os custos que a empresa paga pela má qualidade que chega até o cliente final, acarretando substituição de produtos, serviços ou compensações por perdas sofridas pelo usuário. Essas falhas ocasionam grandes perdas em custos intangíveis, como destruição da imagem e credibilidade da empresa. Quanto mais tarde erros forem detectados, maiores serão os custos envolvidos para corrigi-los, além de ocasionar perdas que muitas vezes são irreversíveis.

### 1. Ações para Melhoria

- Específico: Reduzir índice de sucata em 40% do eixo de transmissão no setor de usinagem.

- Amplo: Espera-se contribuir com o aumento da lucratividade da empresa, recuperar o valor gasto com desperdício; reduzir o tempo de preparação nas máquinas e enfatizar a importância do trabalho para motivar os colaboradores a participar de projeto com temas de melhorias nos processos.

A construção deste trabalho foi baseada em um procedimento interno da empresa, onde foram regulamentadas as seguintes etapas abaixo:

Participar de um projeto de melhorias;

Definir o grupo de trabalho;

Definir atividades e o período para a realização do trabalho;

Análise da situação: O estudo de caso teve como auxílio na análise consulta a indicadores fornecidos pela própria empresa. Com o aprofundamento dos conceitos, melhor entendimento da realidade e necessidades da empresa e objetivando o enriquecimento dos resultados. A aplicação das ferramentas da qualidade foi de grande valia para identificar as causas e contribuir

para a proposta de ações na redução do índice de sucata do eixo de transmissão no setor de usinagem;

Melhorias Propostas e ganhos esperados com a implantação da melhoria: O grupo consolidou-se em ações que não causasse impacto financeiro para a empresa, visto que nos últimos meses a empresa já havia um histórico elevado com desperdício devido o problema em questão.

Implantação e resultados obtidos: Nesta etapa é grande importância o acompanhamento das ações de forma sistêmica. O processo depois de implantado deve ser padronizado e documentado de forma que evite a reincidência da não conformidade. Nesta fase, o grupo conseguiu avaliar o ganho evitando o desperdício com a sucata no setor de usinagem.

Melhorias Propostas e ganhos esperados com a implantação da melhoria: O grupo consolidou-se em ações que não causasse impacto financeiro para a empresa, visto que nos últimos meses a empresa já havia um histórico elevado com desperdício devido o problema em questão.

Implantação e resultados obtidos: Nesta etapa é grande importância o acompanhamento das ações de forma sistêmica. O processo depois de implantado deve ser padronizado e documentado de forma que evite a reincidência da não conformidade. Nesta fase, o grupo conseguiu avaliar o ganho evitando o desperdício com a sucata no setor de usinagem.

### 1.1 Análise da Situação Atual

A empresa estudada está localizada no Pólo Industrial de Manaus e foi construída em 2002, contando atualmente com aproximadamente 570 colaboradores. Pertencente ao tradicional grupo japonês, a empresa fabrica conjunto eixo de transmissão, virabrequins e bielas para motores de veículos de duas rodas.

A empresa dispõe de tecnologia de ponta para testar seus produtos, todas voltadas para testar a funcionalidade dos produtos, visando à satisfação e o conforto dos seus clientes e usuários em geral.

A mão-de-obra recebe treinamentos diversos, apropriados e voltados para cada seção desde o mais simples, como matemática básica, metrologia, ao mais sofisticado e tecnológico como estágio na matriz (Japão) pelo período de 06 meses.

### 1.2 Caracterização da Área estudada

Com sua matriz no Japão, a empresa mantém operações em diversos países. No Brasil, iniciaram-se suas atividades a partir do convite de quem é hoje seu maior cliente. Atualmente é líder mundial no setor industrial em que atua e é detentora de tecnologia de ponta desenvolvida em seus próprios centros de P&D.

Sua planta no Pólo Industrial de Manaus é dividida em: Administração, PCP, Qualidade, R.H, T.I, Compras, Comercial, Financeiro, Engenharia, Manutenção, Expedição, Almoxarifado, Recebimento, Fiscal, Refeitório, Ambulatório, Sesmet e a Área Produtiva da Fábrica, onde existem os setores de Usinagem, Retífica, Tratamento Térmico, Brunimento, Montagem, uma área destinada para o estacionamento de carretas, depósito de efluentes e produtos químicos, uma área específica para a agência do Banco Brasil e uma pracinha para descanso. O setor onde será realizado o estudo será o de Usinagem, mais especificamente o setor de Usinagem de Eixo de Transmissão.

### 1.3 Situação Atual

O setor da empresa que analisamos é o setor de usinagem de eixo. Este possui várias máquinas produzindo vários modelos, sendo que algumas delas são destinadas a um único modelo, devido ao seu grande volume de produção.

Figura 3: Modelo de Eixo de Transmissão.



Fonte: Autores, (2014).

A figura 3 se trata de um dos modelos de eixo produzidos no setor. Cada setor na fábrica recebeu o nome do que se produz. Neste caso Setor de Usinagem de eixo por produzir somente eixos de transmissão primários e secundários.

Quando se trata de eixo de transmissão o fluxo é igual, sendo que a diferença entre os produtos é sempre o dimensional descrito em desenhos técnicos.

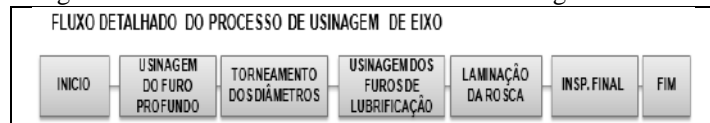
Figura 4: Fluxo Geral do Processo.



Fonte: Autores, (2014).

Na figura acima, é demonstrado o fluxo geral de todos os eixos de transmissão. Cada etapa do fluxo significa um setor da empresa até chegar à expedição, que é setor responsável em entregar as peças ao cliente.

Figura 5: Fluxo Detalhado do Processo de Usinagem de Eixo.

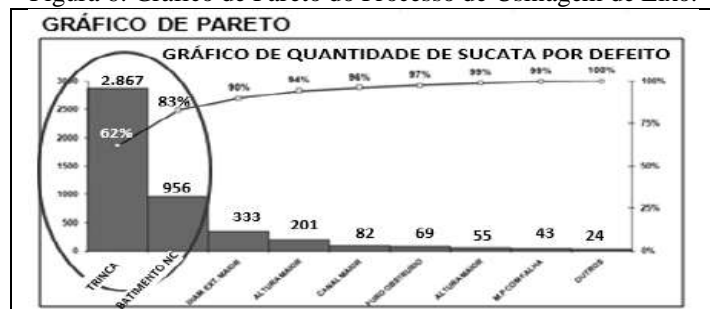


Fonte: Autores, (2014).

Nesta outra figura, é demonstrado o fluxo detalhado somente do processo de usinagem de eixos, que é o setor analisado. Conforme descrito acima, todos os eixos passam pelos mesmos processos, porém com diferenças dimensionais, seja ele nos diâmetros, comprimentos, alturas, quantidade de furos e especificação da rosca.

A pesquisa neste setor delimitou-se no período de janeiro à junho de 2014, que de acordo com dados dos relatórios da própria empresa, foram extraídos os números para se descobrir quais eram os problemas mais recorrentes do setor.

Figura 6: Gráfico de Pareto do Processo de Usinagem de Eixo.



Fonte: Autores, (2014).

Conforme é possível visualizar no Gráfico de Pareto acima, 83% da quantidade de sucata são referentes a problemas de TRINCA E BATIMENTO NC (Não conforme) e em virtude desse

alto número de peças defeituosas buscou-se investigar as causas que levavam a essas não conformidades.

Nesta etapa da análise, para se analisar as causas raízes do problema foram utilizadas as ferramentas da qualidade: Diagrama de Causa e Efeito - Ishikawa e Matriz GUT.

É importante salientar que o uso das ferramentas de qualidade é justamente para não tomar decisões precipitadas ao

identificar um problema, pois a análise errada acaba prejudicando a organização, ou ainda desperdiçando recursos tentando resolver um problema errado, isto é, não necessário no momento.

Figura 7: Diagrama de Causa e Efeito do setor de Usinagem.



Fonte: Autores, (2014).

No Diagrama de Causa e efeito como o próprio nome já diz, trabalhamos o problema relacionando o defeito com suas causas. Utilizamos nessa ferramenta os seguintes itens: medição, materiais, mão de obra, máquinas, método e meio ambiente. Em cada ramificação, foram colocadas as possíveis causas.

Nesta análise, constatamos que o índice de sucata acima da meta era associado ao dispositivo de fixação da peça, que era utilizado no processo de usinagem. O dispositivo estava sendo inadequado para o processo e ocasionava as não conformidades.

A mistura de problemas por si só gerou confusão, e acabou dificultando a visão na identificação dos problemas prioritários e

na sua relevância. Com isso, para consolidar a análise do problema, outra ferramenta foi utilizada, a Matriz GUT. Com o uso desta ferramenta, extraímos informações importantes para o trabalho. Trabalhamos com Gravidade, Urgência e Tendência, separamos os problemas que tinha causa própria e somente após isso, soubemos qual era a nossa prioridade na solução dos problemas identificados: Dispositivo de fixação inadequado, o que confirmou a nossa análise.

#### 1.4 Matriz GUT

Figura 8: Matriz GUT do setor de Usinagem.

| PROBLEMAS                               | GRAVIDADE (G) | URGÊNCIA (U) | TENDÊNCIA (T) | PONTUAÇÃO (G x U x T) | PRIORIZAÇÃO |
|---|---------------|--------------|---------------|-----------------------|-------------|
| DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO INADEQUADO       | 5             | 5            | 5             | 125                   | 1ª          |
| Nº DE INSPEÇÃO INSUFICIENTE             | 4             | 5            | 5             | 100                   | 2ª          |
| FALTA DE TREINAMENTO                    | 4             | 5            | 4             | 80                    | 3ª          |
| FALHA DE COMUNICAÇÃO                    | 4             | 5            | 3             | 60                    | 4ª          |
| MATERIA PRIMA COM DEFEITO               | 3             | 4            | 2             | 24                    | 5ª          |
| BAIXA ILUMINAÇÃO                        | 3             | 2            | 2             | 12                    | 6ª          |
| INSPEÇÃO INADEQUADA                     | 3             | 2            | 2             | 12                    | 7ª          |
| INSTRUMENTO DANIFICADOS                 | 3             | 2            | 2             | 12                    | 7ª          |
| BAIXA VIDA ÚTIL DAS FERRAMENTAS         | 3             | 2            | 2             | 12                    | 7ª          |
| DEMORA NO ATENDIMENTO DOS INSUMOS       | 3             | 2            | 2             | 12                    | 7ª          |
| BAIXA MOTIVAÇÃO                         | 3             | 2            | 2             | 12                    | 7ª          |
| GERENCIAMENTO INADEQUADO DA MÃO DE OBRA | 3             | 2            | 2             | 12                    | 7ª          |
| FALTA DE MANUTENÇÃO DO EQUIPAMENTO      | 3             | 2            | 2             | 12                    | 7ª          |
| EXCESSO DE VAZAMENTO DE AR COMPRIMIDO   | 3             | 2            | 2             | 12                    | 7ª          |
| FALHA NO DESENVOLV. DO PRODUTO          | 3             | 2            | 2             | 12                    | 7ª          |
| PROCEDIMENTOS INADEQUADOS               | 3             | 2            | 2             | 12                    | 7ª          |
| RUÍDO EXCESSIVO                         | 3             | 2            | 2             | 12                    | 7ª          |
| TEMPERATURA ELEVADA NO SETOR            | 3             | 2            | 2             | 12                    | 7ª          |

Fonte: Autores, (2014).

Conforme é possível visualizar na nossa matriz GUT (ver figura 8), o dispositivo de fixação se tornou nossa prioridade. Isso porque o problema de TRINCA era um problema muito grave, com risco de quebra após a montagem da peça no motor da moto, gerando risco à vida do usuário com o travamento do motor. O problema é tão sério que se pode levar à um Recall, que é o recolhimento do produto no mercado. Isso porque nenhum fabricante pode produzir e colocar algo no mercado de consumo, produtos que apresente alto grau de risco à saúde ou segurança das pessoas.

Figura 9: Causa do Problema de Trinca e Batimento NC.



Fonte: Do próprio autor, 2014.

Na figura 9, entendemos como se originou o problema da trinca e do Batimento NC (Não conforme). O fluxo mostra que no processo de TORNEAMENTO DOS DIÂMETROS o dispositivo utilizado para fixação da peça durante a usinagem possuía pontas de arrastes, que além de deixar marcas, não proporcionava uma fixação uniforme na peça. Durante o processo de LAMINAÇÃO DA ROSCA (processo de rosca próximo à face), a peça trincava com esforços dos rolos L (Left) e R (Right), pois as marcas na face da peça eram profundas. A pressão de ar das máquinas da empresa não era padronizada, portanto as máquinas trabalhavam ora em uma pressão de fixação da peça regular, ora desregular, momento esse causando a não conformidade na peça.

## 2. Referências Teóricas

### 2.1 Utilização de ferramentas na composição do projeto de melhoria

A utilização de ferramentas da qualidade no projeto de melhoria auxiliou o trabalho a ter uma visão sistêmica do início ao fim do projeto. Um projeto deve agregar valores de melhoria em um processo, como resultados financeiros, com ganhos de produtividade e melhoria de desempenho, então seu gerenciamento deve ser realizado de maneira que todas as etapas sejam perfeitamente monitoradas para que o mesmo tenha êxito.

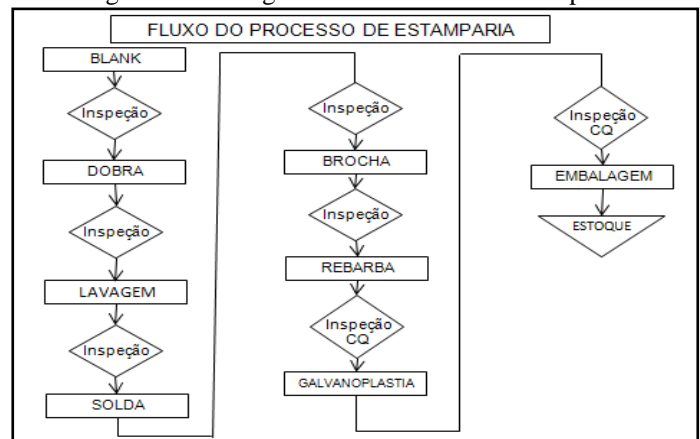
A proposta do trabalho é demonstrar que um projeto gerenciado por ferramentas da qualidade é de fundamental importância para seu sucesso, tem o objetivo de melhorar os processos de rotina, tem início e fim determinado, deve ter um prazo definido com todas as ações requerentes, “meios” para se atingir o “fim”.

Para Deming em [1], “a qualidade deve ter como objetivo as necessidades do usuário, presentes e futuras”.

As empresas precisam de qualidade, valor agregado, serviço, inovação, flexibilidade, agilidade e velocidade de forma cada vez mais crítica. Para tanto, são necessárias melhorias contínuas, investimentos em treinamento de pessoal, e alternativas que façam com que os clientes percebam que a empresa é confiável e oferece vantagens para ele. As empresas tendem a se diferenciar pelo que elas sabem e pela forma como conseguem usar esse conhecimento [2].

### 2.1.1 Fluxograma

Figura 10: Fluxograma do Processo de Estamparia.



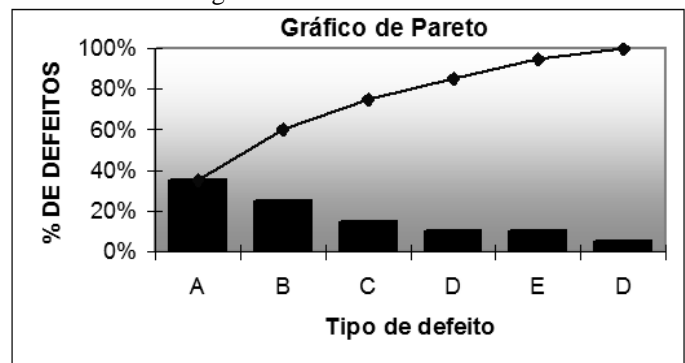
Fonte: [3].

No trabalho representamos o processo de usinagem através do fluxograma, que é uma ferramenta visual que possibilitou maior facilidade na localização de ações específicas. Na figura 10, exemplificamos o fluxograma em um modelo simples de processo de estamparia, através desta representação gráfica é possível compreender de forma rápida e fácil a transição dos processos como aconteceu no fluxograma do nosso processo.

[4] diz que o fluxograma é utilizado no gerenciamento com a finalidade de garantir a qualidade e aumentar a produtividade. Representa ainda o início da padronização, ou seja, a garantia da qualidade.

### 2.1.2 Gráfico e/ou Diagrama de Pareto

Figura 11: Gráfico de Pareto.



Fonte: [3].

Diagrama de Pareto é um gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas. Mostra ainda a curva de percentagens acumuladas (ver figura 11). Sua maior utilidade é a de permitir uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços sobre os mesmos.

O diagrama de Pareto é constituído a partir de uma tabela mais completa, onde as frequências são multiplicadas pelo peso correspondente a cada elemento. O produto desta multiplicação é que mostrará os elementos mais importantes em termos de prioridade para o estudo [5]. Ou seja, se os sistemas ou causas de produtos defeituosos ou de algum outro “efeito” são identificados e registrados, é possível determinar que porcentagem pode ser atribuída a cada uma das causas. O resultado provável é que a maior

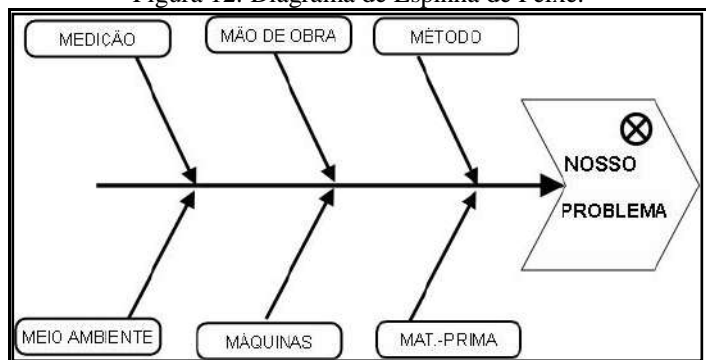
parte (tipicamente, 80%) dos erros, perdas ou “efeitos” seja originada de poucas causas (tipicamente, 20%) [1].

Neste estudo de caso, o gráfico de Pareto utilizado dispõe a informação de modo que se tornou possível a identificação dos principais problemas enfrentados pela empresa: Trinca e Batimento NC, que no cálculo de porcentagem, os dois juntos eram equivalentes à 83% da causa das não conformidades. Um número significativo em relação aos demais problemas apresentados pelo setor.

### 2.1.3 Diagrama de causa e efeito – Ishikawa

É uma ferramenta utilizada para apresentar a relação existente entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado [6].

Figura 12: Diagrama de Espinha de Peixe.



Fonte: [3].

Como a sua forma lembra o esqueleto de um peixe (ver figura 12), o diagrama também é conhecido como Diagrama de Espinha de Peixe. Uma terceira denominação para este diagrama é Diagrama de Ishikawa, em homenagem ao Professor Kaoru Ishikawa, que construiu o primeiro diagrama de causa e efeito para explicar a alguns engenheiros de uma indústria japonesa como vários fatores de um processo estavam inter-relacionados.

Para [5], é importante o grupo classificar a análise em quatro tipos, a saber:

- Máquinas: decorrentes de problemas de máquinas, equipamentos e instalações;
- Materiais: resultantes de problemas de materiais, matérias-primas, semi-acabados, materiais de consumo;
- Métodos: decorrentes da metodologia de execução das atividades, tais como procedimentos, rotinas, normas, instruções;
- Mão-de-obra: resultantes das ações, comportamentos e competências dos empregados.

Terminada a classificação, as causas são registradas no diagrama no espaço reservado ao tipo de causa. Na extremidade direita do gráfico, é registrado o problema ou o “efeito” daquelas causas.

Para o levantamento das causas neste estudo foi realizada uma reunião conduzida por uma técnica conhecida como “brainstorming”, que no próximo tópico falaremos mais a respeito. No “brainstorming” é aconselhável a participação do maior número possível de pessoas envolvidas com o processo. No nosso caso, a reunião teve um resultado muito importante para a construção de um diagrama completo, que não omitisse causas relevantes.

### 2.1.4 Matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência)

GUT é uma ferramenta usada para definir prioridades dada as diversas alternativas de ação. Esta ferramenta responde racionalmente às questões:

O que devemos fazer primeiro?

Por onde devemos começar?

Para responder a tais questões a ferramenta GUT leva em consideração a: Gravidade, Urgência e Tendência do fenômeno.

Por GRAVIDADE devemos considerar a intensidade, profundidade dos danos que o problema pode causar se não se atuar sobre ele;

Por URGÊNCIA devemos considerar o tempo para a eclosão dos danos ou resultados indesejáveis se não se atuar sobre o problema;

Por TENDÊNCIA devemos considerar o desenvolvimento que o problema terá na ausência de ação.

A Matriz GUT foi aplicada neste trabalho, pois precisávamos priorizar ações dentro de um leque de alternativas que foram apontadas. O objetivo desta ferramenta é justamente ordenar a importância das ações pela sua GRAVIDADE, pela sua URGÊNCIA e pela sua TENDÊNCIA de forma racional, permitindo escolher a tomada de ação menos prejudicial.

Ao se saber que o tempo é um recurso escasso e que há inúmeras atividades a executar, deve-se perguntar: quais atividades devem ser executadas primeiro? Por quê? Essas são as respostas que a ferramenta dá.

GRAVIDADE: consideramos a intensidade ou profundidade dos danos que o problema pode causar se não se atuar sobre ele. Tais danos podem ser avaliados quantitativa ou qualitativamente.

URGÊNCIA: considera o tempo para a eclosão de danos ou resultados indesejáveis se não se atuar sobre o problema. O período de tempo também é considerado numa escala de 1 a 5:

TENDÊNCIA: considerar o desenvolvimento que o problema terá na ausência de ação. A tendência também é definida numa escala de 1 a 5:

Essa ferramenta pode ser aplicada individualmente, mas o resultado é melhor quando um grupo de pessoas a executa, já que haverá um aprimoramento nos valores GUT que devem ser obtidos por consenso (consenso = Conformidade, acordo ou concordância de idéias, de opiniões). É útil para o planejamento de atividades que devem ser realizadas num determinado período. A ferramenta requer o uso de um formulário, como o modelo abaixo.

### 2.1.5 5W2H

Figura 13: Quadro de 5W2H.

| Ação      | What?  | Why?   | Where? | When?  | Who?  | How?   | How      |
|-----------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|----------|
| Atividade | O que  | Porque | Onde   | Quando | Quem  | Como   | much?    |
| Problema  | será   | será   | será   | será   | fará? | será   | Quanto   |
|           | feito? | feito? | feito? | feito? |       | feito? | custará? |
|           |        |        |        |        |       |        |          |
|           |        |        |        |        |       |        |          |
|           |        |        |        |        |       |        |          |

Fonte: [3].

O 5W2H (ver figura 13), basicamente, é um checklist de determinadas atividades que precisam ser desenvolvidas com o máximo de clareza possível por parte dos colaboradores da empresa. Ele funciona como um mapeamento destas atividades, onde ficará estabelecido o que será feito, quem fará o quê, em qual período de tempo, em qual área da empresa e todos os motivos pelos quais esta atividade deve ser feita. Em um segundo momento, deverá figurar nesta tabela como será feita esta atividade e quanto custará aos cofres da empresa tal processo.

O nome desta ferramenta foi assim estabelecido por juntar as primeiras letras dos nomes (em inglês) das diretrizes utilizadas neste processo. Abaixo você pode ver cada uma delas e o que elas representam:

What – O que será feito (etapas)  
 Why – Por que será feito (justificativa)  
 Where – Onde será feito (local)  
 When – Quando será feito (tempo)  
 Who – Por quem será feito (responsabilidade)  
 How – Como será feito (método)  
 How much – Quanto custará fazer (custo)

### 3. Melhorias Realizadas

Este capítulo apresenta o plano de ação, que realizou as ações de melhoria providas da análise documental e in loco, baseadas no método 5W2H como cita o referencial teórico.

Tendo em vista o problema analisado e tendo como referência o uso das ferramentas de qualidade, foram priorizadas as ações corretivas e preventivas, descritas no plano de ação abaixo:

Figura 14: Quadro de Plano de ação – 5W2H.  
**Quadro de Plano de Ação - Ferramenta de Planejamento 5W2H**

| Ação Nº            | 1   | 2   | 3   | 4  | 5   |
|--------------------|---|---|---|--|---|
| O que? (What)      | Desenvolver sistema de fixação sem arrastador (sem marcas na peça)          | Desenvolver calibre para preset   | Desenvolver Dispositivo de alarme para alteração de fechamento dos rolos laminadores  | Aumentar o número de inspeções visuais nas peças                   | Capacitação e Treinamento operacional   |
| Quando? (When)     | 30/06/2014  | 15/06/2014  | 30/06/2014  | 01/07//2014  | 01/07/2014  |
| Onde? (Where)      | Linha de Produção   | Linha de produção   | Linha de produção   | Linha de produção  | Chão de fábrica   |
| Quem? (Who)        | Engenheiro de processo  | Engenheiro de Processo  | Engenheiro de Processo  | Gerente de qualidade   | Gerente industrial / Gerente de qualidade   |
| Por quê? (Why)     | Marcas profunda deixadas pelo arrastador no processo tornear                | Pressão excessiva para laminar rosca.   | Alteração do ajuste feito em set up.  | Nº de inspeções insuficiente                                       | Falta de treinamento  |
| Como? (How)        | Pesquisa de processo similar e Aquisição do item via fornecedor cadastrado. | Simulação e elaboração de desenho técnico via programa INVENTOR para confecção do dispositivo na ferramentaria dentro da empresa. | Simulação e elaboração de desenho técnico via programa INVENTOR para confecção do dispositivo na ferramentaria dentro da empresa. | Alteração dos procedimentos e auditorias frequentes nos processos. | Realização de Instruções de Trabalho e treinamento com os envolvidos na liderança e nos processos produtivos. |
| Quanto? (How much) | R\$ 1.032,00  | -   | -   | -  | -   |

**NOTA:**

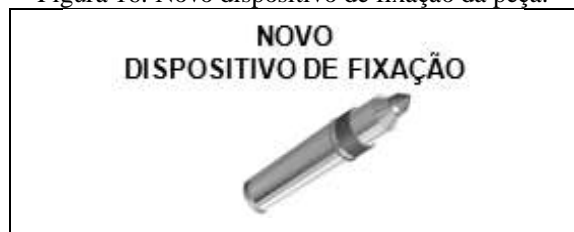
⇒ **A MELHORIA PODERÁ SER EXTENDIDA EM PARALELO PARA O MODELO SECUNDÁRIOS E MIX.**  
 ⇒ **SISTEMA DE FIXAÇÃO AUTO CENTRANTE PODE SER APLICADO EM TODOS OS MODELOS.**

Fonte: Autores, (2014).

Para que o entendimento do nosso 5W2H fique claro em sua totalidade, estaremos detalhando e comentando cada ação dispostas na tabela acima

Ação Nº 1: Desenvolvimento de um novo sistema de fixação da peça, que foi sem dúvida, uma das ações com maior relevância para solucionar o problema de trinca e batimento NC.

Figura 16: Novo dispositivo de fixação da peça.



Fonte: Autores, (2014).

O novo sistema é autocentrante (ver figura 14), ou seja, busca o centro durante a usinagem da peça, e traz um ganho considerável em quesito de qualidade, pois como ele não possui pontas de arraste, com isso não deixa marcas profundas na peça. Sem as marcas profundas, ainda que haja esforço dos rolos no processo de laminação de rosca, não haverá trincas, eliminando completamente o problema de trinca e batimento NC, visto que a peça possui uma melhor fixação durante a usinagem.

Ação Nº 2: Desenvolver calibre para preset, buscando com isso a eliminação da pressão excessiva para laminação da rosca. O processo ganhou também produtividade com a redução do tempo com uma troca rápida de ferramenta e reduziu a sucata na troca de modelo e/ou ferramenta, pois a peça é produzida dentro

das faixas de tolerâncias do desenho, faltando apenas alguns ajustes para o início da produção em massa.

Ação Nº 3: Desenvolver dispositivo de alarme para alteração de fechamento dos rolos laminadores, pois quando existe a necessidade de set-up (troca de modelo) os rolos laminadores são trocados e pode ocorrer esmagamento dos mesmos durante o seu fechamento, caso sua posição não estiver correta.

Ação Nº 4: Aumentar o número de inspeções visuais nas peças. Sabendo-se que inspeções não agregam valor ao produto e considerando que, não haverá aumento do tempo de processamento da peça, houve um aumento no número de inspeções visuais no processo. É importante lembrar que, nesta análise o fator qualidade é de suma importância para a empresa.

Ação Nº 5: Capacitação e Treinamento operacional. O treinamento e o desenvolvimento dos colaboradores envolvidos no processo são programas que geram um retorno certo para as organizações. Treinar significa tornar o colaborador hábil, capaz de entender e perceber e solucionar as falhas que possam ocorrer no processo.

Sendo implantadas as ações corretivas e preventivas proposta no 5W2H, conforme nosso referencial teórico os custos de prevenção gerados foram considerados custos da qualidade, enquanto os custos de controle e de falhas foram considerados custos de má-qualidade. Portanto os treinamentos na produção é de grande relevância para que os recursos sejam aplicados para manutenção da qualidade evitando os gastos com a má qualidade, tendo em vista que são inversamente proporcionais. Isso significa que um investimento correto em custos de controle pode diminuir os custos das falhas dos controles e que o investimento exagerado nos custos das falhas pode provocar um aumento significativo na

estrutura de custos da empresa, comprometendo sua estratégia competitiva.

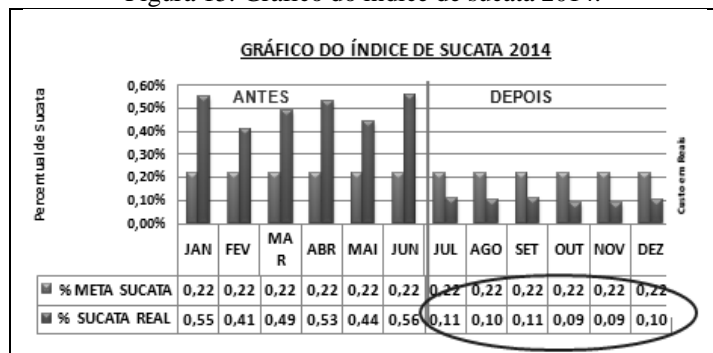
Estudamos também que, quando o produto fornecido é produzido fora das especificações gera custos de falhas internas, onde para que esse produto venha atender as especificações do projeto são necessários serem feitos os retrabalhos, refugos e sucatas, é desperdiçado tempo provocado pelo problema de qualidade, além dos custos das perdas e sobras e Inspeção.

#### 4. Avaliação dos Impactos e Desbobrimentos

Observamos que a melhoria da Qualidade pode ser atribuída às suas raízes, como por exemplo, peças padronizadas e processo controlado diminuem as oportunidades de erro e muitas vezes, exigem menos mão de obra para sua produção e para os retrabalhos.

O trabalho mostrou a relação entre métodos e ferramentas, na gestão da qualidade de processos, num enfoque de integração teoria-prática. O uso das ferramentas de apoio tais como: brainstorming, diagrama de ishikawa, gráfico de pareto, 5W2H e Matriz GUT se revelou de grande importância no trabalho para o processo de gestão da qualidade e desempenho.

Figura 15: Gráfico do índice de sucata 2014.



Fonte: Autores, (2014).

Nos meses após a implantação da melhoria, pode-se observar um ganho significativo na redução de sucata e índices totalmente dentro da meta da empresa (ver figura 15). A sucata da empresa que antes era mínimo de 0,41% passou para 0,09%. Com um índice de 0,22% como meta isso se tornou excelente para a saúde financeira da empresa. Os colaboradores passaram a trabalhar mais confiantes e motivados, tendo em vista que o projeto na qual participaram e ainda participam surtiu resultados bastante satisfatórios.

As análises e propostas de solução de problemas feitas no 5W2H trouxeram determinado nível de maturidade, para que a empresa estudada mantenha e melhore os comportamentos que sustentam as habilidades já existentes em um contínuo processo de evolução da qualidade dos seus produtos.

Figura 16: Gráfico do Custo com sucata 2014.



Fonte: Autores, (2014).

Como comprovado no estudo de caso apresentado acima, a empresa reduziu o percentual de defeitos com um ganho financeiro de R\$ 49.996,00 ao ano, ou seja, o dinheiro deixou de ser desperdiçado com sucata em 2014 (ver figura 16).

Outros ganhos significativos que a empresa obteve foram:

1. Nos meses seguintes a implantação não houve registros de sucata por trinca/ batimento NC e o índice de sucata ficaram dentro da meta da empresa;
2. Como resultado da ação de melhoria, houve redução de desperdício para a empresa;
3. Redução do tempo de set-up de 40 para 10 minutos (ver figura 18).
4. Payback de investimento: 1 mês.

Figura 17: Gráfico do Tempo de Preparação.



Fonte: Autores, (2014).

Um ganho significativo na produção foi em relação ao setup, que antes era de 40 minutos passou a ser de 10 minutos (ver figura 17). Isso foi possível devido aos novos métodos para troca rápida de ferramenta e calibre de presset destacados no plano de ação.

A melhoria também poderá ser estendida para todos os modelos de eixos, porém como todo sistema, deve-se monitorar a vida útil do novo dispositivo de fixação, ou seja, a cada 80.000 peças produzidas deverá realizar a troca do mesmo, a fim de garantir a conformidade dos produtos produzidos.

### III. CONCLUSÃO

O trabalho mostrou a validade na adoção de ferramentas e métodos de gestão da qualidade em uma empresa metal mecânica, lotada no Pólo Industrial de Manaus no segmento de duas rodas. A empresa com perfil japonesa produz diversos produtos, dentre eles eixo de transmissão de moto. Produto escolhido para análise de problemas.

Através dos dados observados no trabalho, pode-se verificar que as ferramentas da qualidade adotadas no setor de usinagem, identificam e melhoram a qualidade dos produtos, serviços e processos através da utilização das chamadas metodologias da qualidade, que têm a finalidade de eliminar ou reduzir as variações e manter estáveis os processos, através da descrição e priorização dos problemas, identificação das possíveis causas e daí as causas básicas dos problemas, bem como o desenvolvimento e implementação de soluções efetivas para os problemas.

O setor analisado na empresa era a usinagem de eixo de transmissão, o motivo da escolha surgiu devido o alto índice de sucata no setor, encontrados nos indicadores da empresa, onde todos os processos internos da empresa são analisados para facilitar

as análises dos problemas. A meta do índice de sucata da empresa que é de 0,20%, estava no real com no mínimo de 0,41% e máximo de 0,56% de sucata, gerando um elevado custo com desperdício. O objetivo então era reduzir índice de sucata em 40% do eixo de transmissão no setor de usinagem. Analisando a causa do problema com uso das ferramentas da qualidade, tais como Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa e Matriz GUT, o grupo chegou a conclusão que o problema, que representava 83% do índice de sucata estava relacionado ao dispositivo de fixação da peça, que era utilizada no processo de torneamento dos diâmetros. O dispositivo que era inadequado para o processo estava originando problemas de TRINCA e BATIMENTO NÃO CONFORME nas peças, o mesmo possuía pontas de arraste, deixando marcas profundas na peça e com o esforço do processo posterior trincava a peça, devido a área está fragilizada.

Os resultados das ações surtiram efeitos positivos e surpreendente, pois no mês seguinte pode-se observar uma redução significativa no índice de sucata, já com os indicadores dentro da meta da empresa. O setor conseguiu um índice de 0,11% de sucata e assim manteve-se até final deste trabalho, sendo que a meta é de 0,22%. O tempo de setup também foi reduzido de 40 minutos para 10 minutos com a mudança no método de troca rápida de ferramenta. Um ganho em produtividade, visto que houve redução no desperdício de material, tempo, ferramentas e mão de obra.

Portanto, acredita-se que esse modelo pode servir de guia para a boa gestão de competências, visando à melhoria contínua dos sistemas de gestão da qualidade, pois é possível considerar aspectos técnicos e metodológicos juntamente com aspectos abstratos, estratificando-os de acordo a detectar os pontos críticos ou gargalos do sistema produtivo da empresa. Porém, cabe a cada empresa investir em tecnologias e treinamentos operacionais para que o uso desse um modelo possa se tornar uma rotina enraizada em sua cultura. Dessa forma, um aprendizado que ficaria impregnado na cultura organizacional e permitiria a passagem pelos níveis de maturidade da melhoria contínua.

#### IV. REFERÊNCIAS

- [1] Cerqueira Neto, E. P. Gestão da qualidade: princípios e métodos. 3 ed. São Paulo: Pioneira, 1993.
- [2] Chiavenato, Idalberto. Administração nos novos tempos. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- [3] Crosby, P. B. Qualidade é Investimento. Tradução de Áurea Weisenberg. Rio de Janeiro: José Olympio, 1992.
- [4] Gitlow, Howard S. Planejando a qualidade, a produtividade e a competitividade. Tradução de Mauro Paganotti. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993.
- [5] Gaither, Norman; Frazier, Greg. Administração da produção e operações. 8. ed. São Paulo: Pioneira, 2001.
- [6] Juran, J. M.; Gryna, F. M. Controle da qualidade handbook conceitos, políticas e filosofia da qualidade. 4. ed. Makron Books McGraw-Hill, v.1. São Paulo, 1999.
- [7] Juran, Joseph M. Juran planejando para a qualidade. São Paulo: Pioneira, 1990.
- [8] Lakatos, E. M.; Marconi, M. de A. Fundamentos de metodologia científica. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1996.
- [9] LUFT, C. P. Minidicionário da Língua Portuguesa. 19ª ed. São Paulo: ÁTICA, 2002.
- [10] Manãs, A. V. Inovação e Competitividade: um enfoque na qualidade. In: Oliveira, Otávio J.(Org.). Gestão da qualidade: tópicos avançados. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- [11] Paladini, E. P. Gestão da qualidade no processo: a qualidade na produção de bens e serviços. São Paulo: Atlas, 1995.
- [12] Oakland, J. S. Gerenciamento da qualidade total. São Paulo: Nobel, 1994.
- [13] Oliveira, O. J. (Org.). Gestão da qualidade: tópicos avançados. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- [14] Werkema. M. C. C. Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 2006.



## THE IMPLEMENTATION OF AN ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM AND ITS CONTRIBUTIONS TO TODAY'S ORGANIZATIONS

Vanda Feleol da Mota<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculdade Venda Nova do Imigrante (FAVENI). Av. Ângelo Altoó, 888, 29375-000, Venda Nova do Imigrante - ES, Brasil.

Email: [tutorial17@posgraduacaofaveni.com.br](mailto:tutorial17@posgraduacaofaveni.com.br)

Received: May 24<sup>th</sup>, 2019

Accepted: June 25<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

Currently the concern with the environment is essential for companies vying for a share in the international market. Concerns that a few decades ago were not as important for choosing products of certain segments, are now both consumers and producers rethink some concepts throughout the development process. Upon the foregoing, it has been the theme in this work the implementation of an enterprise system environment, limiting the observation of the importance of an EMS - Environmental Management System and contributions to organizations today. The reason is because the theme of environmental management concern itself not only with sustainability and preservation of the environment, but also with the quality, social responsibility, and changing paradigms, especially in the financial opportunities that companies tend to win when inserted in environmental programs. The objectives of this work include in general and specific: The overall objective is to describe the importance of Environmental Management and its benefits to the EMS - Environmental Management System and organizations. The specific objectives are to analyze the Environmental Management and its favorable aspects organizations, check the Environmental Management System and its organizational aspects and to identify the benefits of implementing an EMS organization today. For a company really is with the Environmental Management implemented, it must go through long processes of evaluations, changes, audits, ongoing procedures to complete the certification process ISO 14000 International call. Thus, the methodology of this study consists of a bibliographic research, descriptive, without investigative character, just observational. It is expected, however, contribute to future research in addition to leveraging bibliography about theme presented.

**Keywords:** Environmental Management, Environmental Management System, Social Responsibility.

### A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA AS ORGANIZAÇÕES NA ATUALIDADE

#### RESUMO

Atualmente a preocupação com o meio ambiente é fundamental para as empresas que disputam uma fatia no mercado internacional. Preocupações que há algumas décadas não eram tão importantes para a escolha de produtos de certos segmentos, fazem hoje tanto o consumidor quanto o produtor repensarem alguns conceitos em todo o processo de desenvolvimento. Mediante o exposto, tem-se como tema neste trabalho a implantação de um sistema ambiental empresarial, delimitando-se na observação da importância de um SGA – Sistema de Gestão Ambiental e suas contribuições para as organizações na atualidade. A justificativa da temática é pelo fato da gestão ambiental preocupar-se não apenas com a sustentabilidade e preservação do meio ambiente, mas também com a qualidade, responsabilidade social, mudança de paradigmas e, sobretudo, nas oportunidades financeiras que as empresas tendem a conquistar quando inseridas nos programas ambientais. Os objetivos deste trabalho compreendem-se em geral e específicos: O objetivo geral consiste em descrever a importância da Gestão Ambiental e seus benefícios ao SGA – Sistema de Gestão Ambiental e às organizações. Os objetivos específicos consistem em analisar a Gestão Ambiental e seus aspectos favoráveis às organizações; verificar o Sistema de Gestão Ambiental e seus aspectos organizacionais; e identificar os benefícios da implantação de um SGA organizacional na atualidade. Para que uma empresa realmente esteja com a Gestão Ambiental implantada, ela deverá passar por longos processos de avaliações, mudanças, auditorias, procedimentos contínuos para que conclua o processo de certificação Internacional chamada ISO 14000. Assim, a metodologia deste trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica, descritiva, sem caráter investigativo, apenas observacional. Espera-se, contudo, contribuir para pesquisas futuras além de alavancar a bibliografia acerca da temática apresentada.

**Palavras-chave:** Gestão Ambiental, Sistema de Gestão ambiental, Responsabilidade Social.

## I. INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica e a ascensão populacional dos grandes centros urbanos, o desmatamento desenfreado e os poluentes industriais despejados no meio ambiente, até pouco tempo não chamavam a atenção da sociedade. Devido à escassez de recursos o sistema jurídico e legisladores de muitas nações observaram a necessidade de leis reguladoras das atividades que envolvessem risco ao meio ambiente, criando-se então o conceito de gestão ambiental, o qual constitui matéria exigida a toda pessoa física ou jurídica que execute atividades causadoras de danos ao ecossistema.

A gestão ambiental prevê a boa administração do patrimônio ecológico. A adaptação da comunidade global às normas legais ambientais foi visivelmente percebida nas últimas décadas através das políticas de educação ambiental ou por sanções impostas por Lei.

Justifica-se esse trabalho, pelo fato da gestão ambiental preocupar-se não apenas com a sustentabilidade e preservação do meio ambiente, mas também com a qualidade, responsabilidade social, mudança de paradigmas e, sobretudo, nas oportunidades financeiras que as empresas tendem a conquistar quando inseridas nos programas ambientais.

Os objetivos compreendem-se em geral e específicos: O objetivo geral consiste em descrever a importância da Gestão Ambiental e seus benefícios ao SGA – Sistema de Gestão Ambiental para as organizações. Os objetivos específicos visam analisar a Gestão Ambiental e seus aspectos favoráveis às organizações; verificar o Sistema de Gestão Ambiental e seus aspectos organizacionais; e identificar os benefícios da implantação de um SGA organizacional na atualidade.

Para que uma empresa realmente obtenha a certificação da Gestão Ambiental, é necessário enfrentar processos de avaliações, mudanças, auditorias, procedimentos contínuos para que conclua o processo de certificação Internacional chamada ISO 14000.

Baseado no exposto, a metodologia deste trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica, descritiva, sem caráter investigativo, apenas o observacional. Espera-se, contudo, contribuir para pesquisas futuras além de alavancar a bibliografia acerca da temática apresentada.

Do ponto de vista empresarial, a primeira dúvida em relação a questão ambiental, diz respeito ao aspecto econômico. A ideia que prevalece é de que qualquer providência que venha a ser tomada em relação à variável ambiental traz consigo o aumento de despesas e acréscimo dos custos do processo produtivo

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### II.1 A GESTÃO AMBIENTAL

Sobre a questão ambiental surge a interrogativa sobre a concessão da responsabilidade pelos danos causados ao meio ambiente, e pela gestão ambiental. Conhecer e apontar os devidos responsáveis por determinadas áreas verdes e biomas é apenas um primeiro passo para a solução da crise ambiental, porém é um passo importante e ainda não plenamente executado. Esta tarefa torna-se extremamente trabalhosa nas comunidades atuais, onde as pressões mercadológicas e políticas dão voz às decisões relacionadas ao tema [1].

Para aplicar uma gestão ambiental de sucesso é imprescindível entender o que é o desenvolvimento sustentável. A sustentabilidade prioriza o uso consciente, uma vez conhecida a capacidade de renovação de si própria da natureza, porém esta é limitada, cabendo ao homem conhecer seus limites na exploração

dos recursos naturais [2]. Dentre outras características, o desenvolvimento sustentável tem enfoque na cooperação e participação, a ética integrada ao cotidiano e a transdisciplinaridade.

A gestão ambiental tem atualmente um papel fundamental para o grupo administrativo de qualquer empresa [3]. A conscientização ecológica veio para alertar não apenas as sociedades, mas também os governantes a respeito da causa ambiental, e fez surgir o dever de responsabilidade social e ecológica praticada por empresários e avaliada pelas comunidades [4].

Sob esta perspectiva Kraemerapud [5] esclarece a gestão ambiental da seguinte maneira:

Objeto de manter o meio ambiente saudável (à medida do possível), para atender as necessidades humanas atuais, sem comprometer o atendimento das necessidades das gerações futuras.

Meio de atuar sobre as modificações causadas no meio ambiente pelo uso e/ou descarte dos bens e detritos gerados pelas atividades humanas, a partir de um plano de ações viáveis técnica e economicamente, com prioridades perfeitamente definidas.

Instrumentos de monitoramentos, controles, taxações, imposições, subsídios, divulgação, obras e ações mitigadoras, além de treinamento e conscientização.

Base de atuação de diagnósticos (cenários) ambientais da área de atuação, a partir de estudos e pesquisas dirigidos em busca de soluções para os problemas que forem detectados.

Nesse sentido, [6] afirma que para ser efetivo e eficaz, o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) implantado em uma instituição necessita de requisitos essenciais, tais como:

Política ambiental: comprometimento oficial e documentado da empresa para com o meio ambiente.

Planejamento: estabelece os processos da linha de produção e seus efeitos na natureza, delimitando um programa ambiental para reverter estes efeitos e um responsável por executá-los e/ou monitorá-los em cada área. Os índices obtidos no estudo do planejamento devem constar na política ambiental.

Implementação: esta etapa especifica as competências da administração com relação à execução do SGA, dentre as quais a divulgação dos processos e resultados interna e externamente à instituição, a capacitação e conscientização da equipe de colaboradores quanto à relevância do sistema, a configuração da documentação legal exigida, providenciar planos destinados a suprir demandas em situações de emergência, etc.

Verificações e ações corretivas: objetiva a manutenção dos processos do SGA, bem como sua documentação e divulgação acessível a todos. Também requisita auditorias periódicas do sistema a fim de sustentar seu correto funcionamento.

Revisão pela direção: decreta que o alto escalão administrativo deve frequentemente avaliar o andamento, a adequabilidade e o sucesso do sistema, criando disponibilidade para eventuais alterações nos procedimentos, planos de emergência, ações corretivas, bem como na própria política ambiental. Todas estas decisões devem ser devidamente documentadas.

Um SGA aplicado de forma disciplinada e consciente resulta em uma série de vantagens, como já mencionado, dentre as quais cabe elucidar a conceituação o termo "passivo ambiental". Refere-se às despesas monetárias investidas por uma instituição, dentro do sistema de gestão, para a recuperação de áreas naturais bem como para a tomada de atitudes preventivas, remediativas e pró-ativas dentro do planejamento ambiental [7].

## II 1.1 SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

O cenário de desenvolvimento até então construído pelas indústrias, as quais podem ser consideradas a engrenagem econômica de uma nação, revelou também que certos setores industriais são mais impactantes ao meio ambiente do que outros. Conforme Gusmão e Martini Júnior salientam:

Alguns setores industriais se caracterizam por um elevado potencial de degradação ambiental quando comparado com outras atividades industriais, como o setor de bens intermediários (minerais não-metálicos, metalurgia, papel e celulose, petróleo e química), seja pelo potencial de alteração da qualidade do ar e corpos hídricos, seja como consumidores diretos de recursos naturais e energia. Este potencial poluidor está relacionado ao nível das tecnologias adotadas e à intensidade das restrições legais [8].

Como exemplos de alguns setores industriais que degradaram o ambiente ao longo dos anos, são os da indústria química e de petróleo, quando ocorreram uma série de acidentes entre os anos de 1970 e 1980 ao redor do mundo.

As normas ISO 14.001 e ISO 14.004 têm por objetivo prover às organizações os elementos de um Sistema de Gestão Ambiental eficaz, passível de integração com os demais objetivos da organização. Sua concepção foi idealizada de forma a aplicar-se a todos os tipos e partes de organizações independentemente de suas condições geográficas, culturais e sociais.

A Norma ISO 14.004 especifica os princípios e os elementos integrantes de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA).

Princípio 1 - Comprometimento e Política: "É recomendado que uma organização defina sua política ambiental e assegure o comprometimento com o seu SGA".

- Comprometimento e liderança da Alta Administração
- Avaliação ambiental inicial
- Estabelecimento da política ambiental

Princípio 2 – Planejamento: "É recomendado que uma organização formule um plano para cumprir sua política ambiental."

- Identificação de aspectos ambientais e avaliação dos impactos ambientais associados
- Requisitos legais e outros requisitos
- Critérios internos de desempenho
- Objetivos e metas ambientais
- Programa de gestão ambiental

Princípio 3 – Implementação: "Para uma efetiva implementação, é recomendado que uma organização desenvolva a capacitação e os mecanismos de apoio necessários para atender sua política, seus objetivos e metas ambientais."

- Assegurando a capacitação
- Recursos humanos, físicos e financeiros
- Harmonização e integração do SGA
- Responsabilidade técnica e pessoal
- Conscientização ambiental e motivação
- Conhecimentos, habilidades e atitudes
- Ações de apoio
- Comunicação e relato
- Documentação do SGA
- Controle operacional
- Preparação e atendimento a emergências

Princípios 4 - Medição e Avaliação: "É recomendado que uma organização meça, monitore e avalie seu empenho ambiental.

- Medição e monitoramento
- Ações corretiva e preventiva
- Registros do SGA e gestão de informação

Princípio 5 - Análise Crítica e Melhoria: "É recomendado que uma organização analise criticamente e aperfeiçoe constantemente seu sistema de gestão ambiental com o objetivo de melhorar seu desempenho ambiental global."

- Análise crítica do SGA
- Melhoria contínua

A cada dia que passa, a sociedade preocupa-se cada vez mais com a degradação do meio ambiente, fato este que obriga as empresas atentarem cada vez mais em relação a preservação da natureza.

A questão ambiental passa a fazer parte de um quadro de ameaças e oportunidades cujas consequências podem significar posições privilegiadas perante a concorrência, como também comprometer a empresa fazendo ela chegar até a sair do mercado.

O autor fornece ótimas informações para as organizações que, preocupadas com o problema, desejam ampliar conhecimentos para uma gestão ambiental dentro de sua empresa.

Certamente questões ecológicas, sustentáveis e ambientais nem sempre assumiram o ranking de metas das empresas e estas, por sua vez, tão pouco demonstraram algum indício de gestão ambiental em suas rotinas. Porém esse cenário tem sofrido positivas transformações, uma vez que o conceito de gestão ambiental se encaixa aos processos das organizações, independentemente de seu porte e na maioria dos setores [2].

Diante desta definição o entendimento pelo termo se torna mais objetivo, pois relata noções de conhecimentos técnicos e administrativos baseados nos quesitos ambientais, ou seja, a gestão ambiental é diretamente ligada à administração dos negócios ou ramo da atividade.

## II 1.2 RESPONSABILIDADE SOCIAL E O MEIO AMBIENTE

Com a ameaça da escassez dos recursos naturais, vêm-se buscando alternativas para que o desenvolvimento socioeconômico seja sustentável.

A introdução do capital natural na análise econômica faz-se necessário já que os custos da degradação ambiental e do consumo de recursos naturais não têm sido adicionados aos processos produtivos, avaliando-se os fluxos de estoques naturais e contribuindo para a definição de uma escala sustentável da economia. A valoração ambiental é essencial, caso se pretenda que a degradação da grande maioria dos recursos naturais seja interrompida antes que ultrapasse o limite da irreversibilidade [9].

A pressão crescente, em nível mundial, existe sobre as organizações industriais para que adotem medidas de proteção ao meio ambiente, faz com que as empresas, dependendo do contexto em que atuam, reformulem suas estratégias competitivas incluindo a variável ambiental [10]. Quando estas organizações industriais abrangem uma grande área produtiva do País, o problema do gerenciamento ambiental se torna essencial, como é o caso do complexo agroindustrial canavieiro, pois a cana para a indústria é a mais importante lavoura do País, tanto quando se visualiza sua contribuição para o valor da produção, quanto à sua geração de emprego.

A idéia de se evidenciarem os valores monetários dos recursos naturais se justifica pelo fato de que estes valores monetários podem ser utilizados como padrão de medida. O valor econômico do meio ambiente tem sido objeto de intensa discussão [11].

O valor econômico total (VET) de um recurso consiste em seu valor de uso (VU) em seu valor de não-uso (VNU). O valor de uso pode ainda ser subdividido em valor de uso direto (VUD), valor de uso indireto (VUI) e valor de opção (VO) (valor de uso

potencial). O valor de existência (VE) é uma das principais categorias do valor de não-uso. Pode ser escrito:

$$\begin{aligned} VET &= VU + VNU \text{ ou} \\ VET &= (VUD + VUI + VO) + VNU \end{aligned}$$

Desta forma, o valor de uso direto é determinado pela contribuição direta que um recurso natural faz para o processo de produção e consumo. O valor de uso indireto inclui os benefícios derivados basicamente dos serviços que o ambiente proporciona para suportar o processo de produção e consumo. O valor de opção é a quantia que os consumidores estão dispostos a pagar por um recurso não utilizado na produção, simplesmente para evitar o risco de não tê-lo no futuro [9].

O valor de uso é atribuído pelas pessoas que realmente usam ou usufruem do meio ambiente em risco, por meio de dados estatísticos. Os valores de uso direto e indireto estão associados com as possibilidades presentes do uso dos recursos.

Aquelas pessoas, porém que não usufruem o meio ambiente podem também valorá-lo em relação a usos futuros, seja para elas mesmas ou para gerações futuras. Esse valor é referido como valor de opção, ou seja, opção para uso futuro ao invés do uso presente conforme compreendido no valor de uso. O valor de existência é mais difícil de conceituar, já que representa um valor atribuído à existência do meio ambiente independentemente do uso atual e futuro [9].

Os valores de existência, de acordo com [12], são aqueles expressos pelos indivíduos, de tal forma que não são relacionados ao uso presente ou futuro dos recursos ambientais pela geração presente e nem pelo possível uso que se possa atribuir em nome da geração futura. O conceito de valor de existência aproxima economistas e ecólogos, o que deverá proporcionar melhor e mais profundo entendimento da questão ambiental, na tentativa de captar todos os valores que um recurso ambiental possa conter. As pessoas atribuem esses valores de acordo com a avaliação que fazem da singularidade e da irreversibilidade da destruição do meio ambiente, associadas à incerteza da extensão dos seus efeitos negativos.

As categorias de valores de não uso são o valor de existência (VE) e o valor e legado (VL). Pode-se escrever:  $VET = [VUD + VUI + VO] + [VE + VL]$ .

O valor de opção é baseado em quanto os indivíduos estão dispostos a pagar pela opção de preservar um bem para uso pessoal direto ou indireto no futuro.

Os métodos de valoração, segundo [12], de modo geral, não possuem uma classificação rígida, podendo-se utilizar diversos enfoques na aplicação dos métodos, dependendo dos propósitos.

Do ponto de vista didático, no entanto, torna-se interessante uma abordagem maleável destes métodos que permita as alterações que se fizerem necessárias durante suas aplicações. Assim, duas categorias de métodos de valoração ambiental podem ser distinguidas da seguinte forma: métodos diretos e métodos indiretos [3].

Os métodos diretos podem estar diretamente relacionados aos preços de mercado ou produtividade, e são baseados nas relações físicas que descrevem causa e efeito. Representam métodos que encontram bastante utilização para a valoração do consumo de capital natural, principalmente quando se objetiva a contabilidade de estoques de recursos naturais e sua dedução da contabilidade de renda (nacional ou regional) [4].

Os métodos indiretos são aplicados quando um impacto ambiental, um determinado elemento do ecossistema, ou mesmo todo um ecossistema não pode ser valorado, mesmo que indiretamente, pelo comportamento do mercado. Assim, estes

métodos repousam sobre a utilização de um mercado de substituição definido pela análise dos comportamentos reais. Apesar da aplicabilidade dos métodos depender de variáveis definidas caso a caso, observam-se esforços no sentido de definir situações onde a utilização de um método é apropriada [4].

### III. MATERIAL E MÉTODO

Serão apresentados neste tópico a metodologia utilizada como critério de pesquisa na elaboração deste artigo. Serão tratadas a classificação da pesquisa, sua natureza, seu universo e amostra, além dos instrumentos de pesquisa utilizados, bem como a análise dos resultados obtidos. O formato será através de um texto corrido, sem sub-tópicos.

Concordando com a taxionomia de [13], a presente pesquisa está classificada nos aspectos que se seguem: quanto aos fins é descritiva, pois está fundamentada na motivação decorrente da necessidade de resolução de problemas concretos detectados por força da análise dos dados coletados na pesquisa, com finalidade prática.

No que se refere aos meios de desenvolvimento desta pesquisa, optou-se pela abordagem bibliográfica, pelo estudo sistematizado, baseado principalmente em consultas e publicações de livros, artigos e redes eletrônicas, as quais, cientificamente acessíveis ao público em geral.

A análise de dados deu-se a partir do conteúdo coletado, fazendo-se a inter-relação entre os aspectos divergentes e convergentes dos resultados. [14] considera que a técnica de análise de dados aplica-se à análise de textos escritos, ou qualquer outro tipo de comunicação, reduzida a um texto ou um documento. Ainda cita que “o objetivo da análise de conteúdo é compreender criticamente o sentido das comunicações, seu conteúdo latente ou manifesto às significações explícitas ou ocultas” [14].

Promulgadas após submetidas e aprovadas pelo Congresso Nacional.

Além disso, há a legislação acidentária pertinente à área da Previdência Social. Onde se estabelecem os critérios das aposentadorias especiais, do seguro de acidente do trabalho, indenizações e reparações.

Completando essa extensa legislação, devemos lembrar que a ocorrência dos acidentes (lesões imediatas ou doenças do trabalho) pode dar origem a ações civis e penais, concorrendo com as ações trabalhistas e previdenciárias.

### IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A questão ambiental tem merecido grande destaque no contexto internacional, em virtude da constatação do desenvolvimento econômico e social, imprescindível à civilização moderna, e a desenfreada e em alguns casos, irreversível, degradação dos recursos naturais, gerando a perda da qualidade de vida e pondo em risco a própria sobrevivência humana.

A responsabilidade ambiental pode ser definida como a responsabilidade pelo cumprimento do direito e das normas ambientais, bem como seguir as melhores práticas de preservação ao meio ambiente. Esse conceito passa pela preocupação com o aquecimento do planeta, com os produtos químicos usados na fabricação e com o compromisso de desenvolver produtos que sejam recicláveis.

A responsabilidade ambiental, também é uma questão de cunho pessoal e inerente a todos, pois a soma das ações individuais é o que gera uma sociedade e se cada um estiver atento à parcela de responsabilidade ambiental, então pode-se efetivamente fazer uma grande diferença a preservar o meio ambiente.

Qualquer mudança no meio ambiente quer seja desfavorável ou benéfica, total ou parcialmente resultante das atividades, produtos e serviços de uma organização, causa um impacto ambiental.

Na economia globalizada e altamente competitiva da atualidade, torna-se imperativa a necessidade de inovar, levando em consideração os aspectos ambientais.

A implementação de um sistema de Gestão Ambiental de uma empresa pode ser vista como uma inovação, uma vez que trata de um processo que exige uma mudança comportamental e organizacional.

O desafio para garantir o sucesso de um Sistema de Gestão Ambiental é, justamente o de adequá-lo às características e cultural da empresa, levando em consideração os objetivos almejados com a mudança pretendida.

O sucesso da implementação de um Sistema Gestão Ambiental estará, portanto, relacionado a uma série de fatores de ordem estratégica e operacional, voltados à obtenção de ganhos ambientais, sociais e econômicos, bem como a garantia de sobrevivência da organização em um cenário em constante alteração.

Segundo a [15], um sistema de gestão ambiental pode ser definido como um conjunto de procedimentos para gerir ou administrar uma empresa, de forma a obter o melhor relacionamento com o meio ambiente. O modelo de gestão ambiental deve estabelecer os elos entre a missão da empresa e o efetivo atendimento das expectativas dos clientes.

O modelo de gestão ambiental incorpora em seus princípios de qualidade os requisitos determinados pelas normas NBR serie ISO 14000 instituídas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (1996). Tais instrumentos legais se baseiam em normas internacionais de gestão ambiental que têm por objetivo prover as organizações com elementos de um sistema ambiental eficaz, passível de integração com outros requisitos de gestão, de forma a auxiliá-las a alcançar seus objetivos ambientais e econômicos. As normas da série ISO 14000 que tratam dos sistemas de gestão ambiental compartilham dos princípios comuns estabelecidos para sistema da qualidade da série de Normas NBR ISO9000. Enquanto os sistemas de gestão da qualidade tratam das necessidades dos clientes, os sistemas de gestão ambiental atendem às necessidades de um vasto conjunto de partes interessada (órgãos públicos, sindicato, ONG's, empregados, acionistas, etc.) e às crescentes necessidades da sociedade sobre proteção ambiental.

Para a [15], o Sistema de Gestão Ambiental deve ser entendido como um conjunto de decisões assumidas a fim de obter um equilíbrio dinâmico entre missão, objetivos, meios e atividades. Uma das normas da ISO Série 14000, ou seja, a ISO 14000 estabelece as especificações e os elementos de como se deve implementar um sistema de gestão ambiental.

A responsabilidade social hoje é uma preocupação de todos, onde as empresas que são certificadas enfatizam que é de extrema importância a questão dentro da sua organização. De acordo com autores estudados neste trabalho, as empresas através da responsabilidade social e desenvolvimento sustentável, devolvem para a sociedade o que tiram dela através de benfeitorias para a comunidade, além de utilizar seu "poder de marketing", para motivar a sociedade a se engajar em projetos deste tipo ou simplesmente ser mais consciente no que fazer, como usar, e como preservar.

Através de projetos de responsabilidade social, as empresas conquistam parceiros internos e externos, sendo auxiliar as empresas a produzir sem agredir ao meio ambiente, com redução de custos e despesas através das reciclagens, e fornecimento de conhecimento em gerenciamento ambiental para outras

organizações e inovando em seus processos sem que haja desperdício nem gerando resíduo, aderindo assim a Produção Mais Limpa integrando os objetivos ambientais aos processos de produção de produção ,reduzindo assim os resíduos e as emissões em termos de quantidade de periculosidade.

A gestão ambiental sob a ótica das organizações, está crescendo a cada dia principalmente por questões comerciais, de consumidores e pela legislação vigente, sendo uma área em evolução dentro e fora das organizações e em pouco tempo a empresa que não possuir um programa de gerenciamento ambiental estará fadada ao fracasso.

## V. CONCLUSÃO

Na visão tradicional da empresa como instituição apenas econômica, sua responsabilidade consubstancia-se na busca da maximização dos lucros e na minimização dos custos além disso. No Brasil, a gestão do meio ambiente caracteriza-se pela desarticulação dos diferentes organismos envolvidos, pela falta de coordenação e pela escassez de recursos financeiros e humanos para gerenciamento das questões relativas ao meio ambiente. O desafio de proteger o meio ambiente é fazer com que a consciência ecológica nas organizações, seja pleno e aceito como uma oportunidade de se atingir novos níveis de desempenhos lucrativos.

O presente estudo passou por um levantamento bibliográfico sobre o tema, que descreveu, sobre a gestão ambiental e suas contribuições para as organizações na atualidades inserindo assim a Produção Mais Limpa (PML) um programa que está ligado há um modelo de gestão simples e na melhoria contínua, adotando novas formas de produção que reduzem o uso de recursos naturais. Percebe-se que a empresa pretende trabalhar dentro de um conceito de Produção Mais Limpa, ou seja, que quer produzir mais e melhor com menos recursos, deve considerar Sistema de Gestão Ambiental como um compromisso para proteger o meio ambiente e reduzir a quantidade de poluentes no mesmo. Contudo verificou-se que a sociedade preocupa-se cada vez mais com o meio ambiente e está se conscientizando de que a variável ambiental é importante e envolve a todos. No entanto as organizações estão percebendo, esta preocupação com o meio ambiente que devido à pressão por parte da sociedade, dos governos das instituições financeiras internacionais das organizações não governamentais (ONGs), novos conceitos referentes à Gestão Ambiental e as exigências de produtos que foram elaborados com elevado comprometimento com o meio ambiente estão sendo divulgados.

Desta maneira, entende-se que a implantação da gestão ambiental como parte do gerenciamento é responsável pela identificação, controle, monitoramento e redução dos impactos ambientais. Mas a preocupação com o meio ambiente não parou de crescer e acabaram atingindo o próprio mercado, redesenhando-o com o estabelecimento de um verdadeiro mercado verde, que torna os consumidores tão temíveis quanto os órgãos de meio ambiente. Com isso, a proteção ao meio ambiente deixa de ser uma exigência punida com multas e sanções e inscreve-se em um quadro de ameaças e oportunidades, e a própria permanência ou saída do mercado.

## VI. AGRADECIMENTOS

A Faculdade Venda Nova do Imigrante (FAVENI), pelo apoio à pesquisa.

## VII. REFERÊNCIAS

- [1] Almeida, Fernando. Responsabilidade Social e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- [2] Andrade, Rui Otávio Bernardes de. Tachizawa, Takeshy. Carvalho, Ana Barreiros. Gestão Ambiental enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável. 2º ed. São Paulo: Makron Books, 2002.
- [3] Barbieri, José Carlos. Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos. São Paulo: Saraiva, 2004.
- [4] Dias, Reinaldo. Gestão Ambiental: Responsabilidade social e sustentabilidade. São Paulo: Atlas, 2010.
- [5] Neiva, Álvaro. Controle dos recursos naturais nas mãos da sociedade civil. Revista Ecologia & Desenvolvimento. Nº 11, p. 25. São Paulo – mar. 2005.
- [6] Reis, Maurício J. L. ISO 14000: Gerenciamento Ambiental: em novo desafio para a sua competitividade. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.
- [7] Savitz, Andrew W. A Empresa Sustentável: o verdadeiro sucesso é o lucro com responsabilidade social e ambiental. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- [8] Gusmão, Antônio C. de Freitas de; Martini Júnior, Luiz Carlos de. Gestão Ambiental na Indústria. Rio de Janeiro, 2009.
- [9] Santos, R.F. Livro: Planejamento Ambiental: Teoria e Prática. Editora: oficina de Textos. São Paulo, 2004.
- [10] Benjamin, Antônio Herman de Vasconcellos e. A natureza no direito brasileiro: coisa, sujeito ou nada disso. Caderno jurídico, Escola Superior do Ministério Público, nº. 2, julho de 2001.
- [11] Afonso, Fátima. Natureza e Negócios em Equilíbrio. Revista Planeta. São Paulo. Ano 32 nº 395, agosto 2005. p 72-77.
- [12] Donaire, Denis. Gestão Ambiental na Empresa. 2º ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- [13] Vergara, Sylvia Constant. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 4ª. Edição. São Paulo: Atlas, 2010.
- [14] Chizzotti, Antônio. Pesquisa em ciências humanas e sociais. 7ª. Edição. São Paulo: Cortez, 2008.
- [15] ABNT – NBR ISO 14001 - Associação Brasileira De Normas Técnicas: sistemas de gestão ambiental: especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro, 1996.

## ENERGY EFFICIENCY IN THE AMAZONAS: THE SOLAR ALTERNATIVE

Lutegardo Bassal Costa de Freitas<sup>1</sup>, Matheus Cardoso dos Santos<sup>2</sup>, Anderson de Oliveira Castro<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Curso de Engenharia Mecânica, Centro Universitário do Norte (UNINORTE). Av. Joaquim Nabuco, 1469, Centro. Manaus-Amazonas-Brasil. CEP: 69005-290. Fone: +55 (92) 3212 5000.

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia Elétrica pela UFPA, Brasil, Pará.

Email: [lutebassal@gmail.com](mailto:lutebassal@gmail.com), [matheusscardoso22@gmail.com](mailto:matheusscardoso22@gmail.com), [anderson.castro@uninorte.com.br](mailto:anderson.castro@uninorte.com.br)

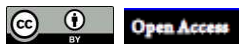
Received: June 26<sup>th</sup>, 2019

Accepted: June 27<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

The present article aims to correlate the use of two most used energy sources (thermoelectric and hydroelectric) in the state of Amazonas with the environmental effects from its generation and to elucidate solar energy as a key to energy efficiency and a source of clean and sustainable energy. This work is a bibliographical research with descriptive purposes, presents as delimitation the thermoelectric and hydroelectric power plants of the Amazon. It is possible to observe in the presentation of its results the environmental impacts caused by the generation of electrical energy that are of concern and what short-term measures should be taken. Finally, the final considerations reveal the need to adapt the energy system of the Amazon to the renewable energies, especially solar that presents great potential in the region, but still little explored, such adaptation is already verified in developed countries, taking into account the changes and the use of natural resources, especially water resources.

**Keywords:** Energy Sources, Energy Efficiency, Thermoelectric, Hydroelectric.

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO AMAZONAS: A ALTERNATIVA SOLAR

### RESUMO

O atual artigo tem por objetivo correlacionar a utilização de duas fontes de energia (termoelétrica e hidrelétrica) mais utilizadas no estado do Amazonas com os efeitos ambientais provenientes de sua geração e elucidar a energia solar como chave da eficiência energética e fonte de energia limpa e sustentável. Este trabalho trata-se de uma pesquisa bibliográfica com fins descritivos, apresenta como delimitação as usinas termoelétricas e hidrelétricas do Amazonas. É possível observar na apresentação de seus resultados os impactos ambientais causados pela geração de energia elétrica que são preocupantes e que medidas de curto prazo devem ser tomadas. Por fim, as considerações finais desvelam a necessidade de adaptação do sistema energético do Amazonas às energias renováveis, em especial a solar que apresenta grande potencial na região, porém ainda pouco explorada, tal adaptação já é verificada em países desenvolvidos, levando em consideração as mudanças climáticas e o uso dos recursos naturais, especialmente os hídricos.

**Palavras-chave:** Fontes de Energia, Eficiência Energética, Termoelétrica, Hidrelétrica.

### I. INTRODUÇÃO

A eficiência energética é a utilização racional de energia, consistindo na utilização de modo eficiente a energia para alcançar determinado resultado. De modo literal sua definição baseia-se na

relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. Utilizada no atendimento de nossas necessidades básicas como a locomoção, alimentação e manutenção da vida, podemos dizer que a energia é fundamental para que possamos suprir tais necessidades.

Dentre todos os seres vivos, o homem é que mais depende da energia em suas diversas formas, pois desenvolveu ao longo da história, máquinas, usos e costumes que precisam, cada vez mais, de energia, principalmente a elétrica.

A crescente preocupação com as questões relacionadas ao impacto ambiental levaram países a buscar o desenvolvimento e a inserção de tecnologias de energias renováveis como base energética. Um dos fatores que levaram a esta preocupação foram: o forte desenvolvimento industrial, os elevados preços dos combustíveis tradicionais, tais como o petróleo e também a limitação dos combustíveis fósseis [1].

São várias as fontes que podem ser utilizadas como solução para este problema, em especial no Estado do Amazonas e uma destas fontes é a energia solar, tendo em vista que a região norte do Brasil possui um dos maiores índices de incidência solar no território brasileiro, fazendo com que assim esteja apta para receber investimentos para a instalação de usinas solares fotovoltaicas [2].

Voltando o olhar para o Brasil é possível observar seu grande potencial energético, no entanto as empresas que utilizam esses potenciais são bem variadas. As usinas de geração de energia elétrica consistem nas hidrelétricas, pequenas centrais elétricas, termoeletricas e nucleares.

O uso desmedido dos recursos hidráulicos pode acarretar em inundações de áreas florestais; sítios arqueológicos; áreas urbanas e rurais; fragmentação de ecossistemas; e conflitos sociais devido à transferência de comunidades para outras regiões, para evitar a inundação de suas residências [2].

O objetivo deste trabalho é correlacionar o uso dessas fontes de energia no Amazonas (termoeletricas e hidrelétricas) com os impactos ambientais decorrentes da geração de energia elétrica e apresentar a energia solar como forma de solução para o sistema atual. O que se refere aos meios de investigação classifica-se como pesquisa bibliográfica. Nesse tipo de pesquisa, há um estudo sistematizado desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, isto é, material acessível ao público em geral [3].

A pesquisa classifica-se como descritiva, pois é uma forma de evidenciar particularidades de uma determinada população ou de determinado fenômeno ou evento, podendo também elucidar correlações entre variáveis e definir sua origem, não tendo compromisso de explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base para tal explicação [3].

O universo deste estudo foi composto pelas instituições geradoras e distribuidoras de energia elétrica, classificadas como fontes renováveis (hidrelétricas) e fontes não renováveis (termoeletricas). A delimitação do todo envolveu as principais usinas termoeletricas e a hidrelétrica de Balbina, como fontes geradoras de energia para o Estado, abordando seus impactos ambientais e a implantação de pequenas usinas solares no interior do Amazonas. Os tópicos desenvolvidos neste trabalho foram: (1) geração e distribuição de energia no estado do Amazonas; (2) impactos ambientais causados pelas termoeletricas e hidrelétricas; e (3) implantação de pequenas usinas de energia solar para comunidades ribeirinhas.

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### II.1 GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA NO AMAZONAS

O modo mais comum de utilizar os recursos hídricos de acordo com é por meio das usinas hidrelétricas de grande porte, para suprimento da indústria e das grandes cidades [4]. As usinas hidráulicas utilizam as águas em altas quedas e com volumosos

curtos, de grandes estruturas construídas na forma de barragens, conforme ilustrado na figura 1, esse método exige com bastante frequência da alteração do curso dos rios, o que acaba ocasionando áreas alagadas.



Figura 01 - Processo de geração de energia elétrica na usina hidrelétrica.

Fonte: <<https://pt.slideshare.net/joapauloluna/aula-3-transformao-de-energia/5>>. Acesso em: 20 Mar. 2019.

Esse recurso aplicado para a produção de energia elétrica é o método elementar na atual matriz energética brasileira, contudo ainda em expansão na Região Amazônica pelo fato de disputas entre Organizações Não Governamentais (ONG's) que visam a defesa do meio ambiente e governos que intercedem com interesses no crescimento e desenvolvimento econômico do país enfatizando um política de interligação da nação através de redes de energia.

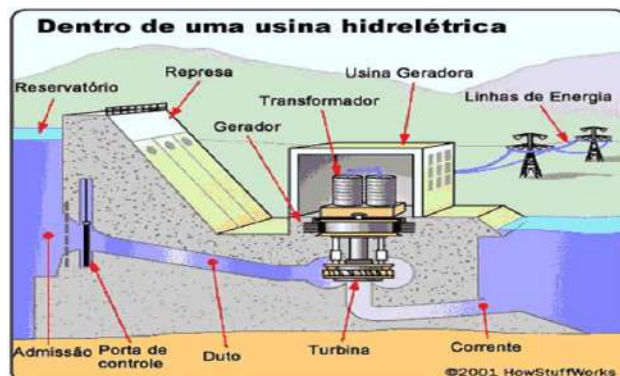


Figura 02 – Funcionamento de uma hidrelétrica.

Fonte: <<http://eletronicapro.blogspot.com/2010/11/componentes-de-uma-usina-hidreletrica.html>>. Acesso: 20 Mar. 2019.

A estrutura do sistema centralizado de geração, distribuição e transmissão de eletricidade no Brasil foi definida de maneira que pudesse servir grandes consumidores agroindustriais rurais, por ainda ser um país agrícola e por estes estarem localizados próximo da malha rodoviária. Esta arquitetura, por razões de demanda, geográficas e custos, exclui pequenas populações de diversas origens sociais da Região Amazônica.

Agricultores familiares, extrativistas e pescadores de comunidades ribeirinhas, quilombolas e indígenas são as populações que quase sempre estão abaixo da linha de pobreza e por este fator podem encontrar na eletricidade meios para alavancar suas vocações produtivas e seu bem-estar social [6].

### II.2 IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELAS TERMOELÉTRICAS E HIDRELÉTRICAS

Existem grupos de um lado que se posicionam contra as obras, alegando não considerarem satisfatórios os impactos físicos socioambientais e do outro lado aqueles que são a favor



exclusivamente neste caso se trata do governo que defendem que as usinas são indispensáveis para a segurança energética e ao atendimento à constante crescente da demanda nacional, contribuindo para uma autosuficiência da rede de energia renovável, com um baixo custo, livre de emissões de gases e poluentes [7].

Ao contrário das usinas termelétricas, as usinas hidrelétricas utilizam-se de recursos renováveis e de baixo custo, as águas. Mas suas estruturas não devem estar voltadas apenas para o interesse econômico e o retorno financeiro que essa atividade resultará para o país. É preciso ater-se para os inúmeros impactos irreversíveis, os quais a atividade é responsável por ocasionar.

Em velocidade incontrolável, o cenário mundial está apresentando mudanças relacionadas a três fatores nesse início de século: o meio ambiente, a energia e a economia global. Suas interligações se apresentam nas seguintes características: a razão meio ambiente e energia já são conhecidos pela população, pelo fato das grandes emissões de poluentes, causando o efeito estufa e o aquecimento global, que acontece através da queima de combustíveis fósseis. O último fator é o econômico que necessitará somente do tempo para se ter uma certeza dos efeitos da crise financeira mundial sobre o setor energético e com mais dificuldade de se saber sobre o meio ambiente. Tendo em vista que a exclusiva certeza é que todos os três serão afetados de forma negativa.

Em grande parte de sua extensão, o estado do Amazonas possui termelétricas, que em seu processo de geração de energia elétrica e utilizam como matéria-prima o combustível principal e os combustíveis auxiliares, que são a água, o ar e produtos químicos, gerando assim uma gama de efluentes com um grande potencial nocivo ao meio ambiente. Mas segundo Vichi e Mansor o principal impacto está nas emissões aéreas, de partículas de matéria e gases, resultado da queima do combustível[8].

De um ecossistema insubstituível, as florestas nativas são diretamente afetadas. Para serem formadas demandam anos e quando sofrem esse tipo de ação negativa, são destruídas em horas ou até mesmo em minutos. Existem muitos casos em que esse processo impossibilita o solo de tornar fértil novamente, pois as enxurradas levam o solo e o subsolo, deixando existente tão somente as rochas.

### II.3 IMPLANTAÇÃO DE PEQUENAS USINAS DE ENERGIA SOLAR PARA COMUNIDADES RIBEIRINHAS

Em função da utilização de novas energias renováveis o estudo da viabilidade de implantação do sistema de energia solar tem estimável relevância, considerando que a grande maioria das fontes utilizadas não são renováveis, detalhe que faz bastante diferença levando em consideração a colaboração para a degradação ambiental.

Os pontos positivos da energia solar são: por ser abundante renovável e ainda não poluir, o que levou a Gomes afirmar que seria a solução ideal para suprir eletricamente as áreas remotas de difícil acesso ao fornecimento de energia elétrica convencional [9]. A energia solar fotovoltaica é uma fonte ilimitada de energia e está disponível em todos os lugares do mundo, uma vez que se torna importante salientar que o processo não depende do calor, o que diminuiria seu rendimento, tal fator pôde ser comprovado na prática de acordo com Palz células solares foram instaladas no Pólo Sul: não só funcionaram muito bem, mas geraram mais potência do que se comparado a climas temperados [10].

Um dos benefícios do uso da energia solar fotovoltaica é que ela é uma fonte ilimitada de energia e está disponível em todos os lugares do mundo. Não gera gases e ruídos nocivos e seu estabelecimento se torna fácil praticamente não carecendo de

revisão. De acordo com Wanderley e Campos os módulos duram aproximadamente 30 anos e ainda podendo ser gerada em áreas afastadas das grandes cidades [11].

Em um breve levantamento na busca de lojas em Manaus que comercializem painéis fotovoltaicos, pudemos encontrar: Amazonas Energia Solar Ltda.; Aggreko Brasil Energia Ltda.; Protesystem Engenharia; Q Luz Solar; Soenergy Sistemas Internacionais de Energia; e Operadores de Energia Ltda. O custo dos painéis ainda é elevado, pelo fato de que ainda não ser fabricado no Brasil.

Para se ter ideia, segundo dados levantado pela Empresa Brasil de Comunicação - EBC, o custo de geração da energia solar está na média de R\$ 450, enquanto a média do preço pelas outras fontes custa R\$ 150 reais por MWh (Mega-Watt/hora), considerando uma produção em grande escala comparado a uma usina hidrelétrica ou termelétrica. Um painel com potência de 140 W chega a custar, em média, de R\$ 600 a R\$700 reais, para se ter um chuveiro elétrico com energia solar o investimento gira em torno de R\$ 4.000 reais e para uma residência inteira está na faixa de R\$ 20.000 reais.

Um sistema fotovoltaico conforme a figura 3 é composto pelos seguintes itens:

- Painel fotovoltaico: são placas desenvolvidas para converter diretamente a energia da luz do sol em energia elétrica, sob a forma de corrente contínua;
- Baterias: onde a energia é armazenada para uso posterior quando não há luz solar;
- Controlador de carga: controla a entrada e saída de energia das baterias;
- Inversor de corrente: uma vez que painéis produzem corrente contínua e a maior parte dos eletrodomésticos consomem corrente alternada;
- Sistema de apoio: quando a energia solar for insuficiente, um pequeno gerador a diesel, por exemplo.

A figura 3 a seguir ilustra de forma mais prática este sistema:

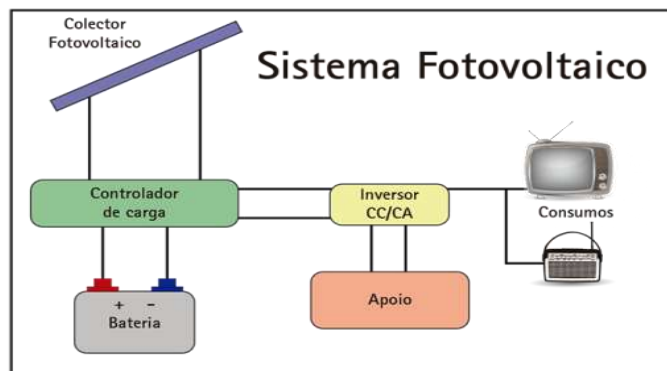


Figura 03 – Componentes de um sistema fotovoltaico.

Fonte: <[http://www.energiasrenovaveis.com/DetalheConceitos.asp?ID\\_conteudo=44&ID\\_area=8&ID\\_sub\\_area=26](http://www.energiasrenovaveis.com/DetalheConceitos.asp?ID_conteudo=44&ID_area=8&ID_sub_area=26)>. Acesso: 25 Mar. 2019.

O Programa Luz para todos do Governo Federal através da Eletrobras Amazonas Energia é hoje um programa presente em algumas comunidades isoladas no Amazonas. O projeto implantou 12 miniusinas fotovoltaicas nas localidades de São Sebastião do Rio Preto (Autazes), Terra Nova (Barcelos), Nossa Senhora do Carmo (Beruri), Mourão e Santo Antônio (Eirunepé), Nossa Senhora de Nazaré, Santa Luzia, Santa Maria e São José (Maués), Aracari, Bom Jesus do Puduari e Sobrado (Novo Airão).

O custo de implantação de uma miniusina fotovoltaica é o mais elevado, comparado com a hidrelétrica é 30% a mais e com a

termoelétrica é 1/5 mais elevado. Porém, é vantajoso na operação de geração de energia elétrica e a área de implantação utiliza um terreno de 25,00 X 25,00m, sendo que para novos projetos está previsto um terreno de 50 X 50m [12].

### III. MATERIAIS E MÉTODOS

A priori foram definidos em três tópicos os principais conceitos relativos à eficiência energética no estado do Amazonas propondo a energia solar como principal alternativa, expondo de que modo ocorre a geração e distribuição de energia no Estado do Amazonas, quais os impactos ambientais causados pelas termoelétricas e hidrelétricas que são as fontes mais utilizadas na região de acordo com o levantamento da pesquisa e por fim apresenta a implantação de pequenas usinas de energia solar para comunidades ribeirinhas que hoje em dia é uma realidade e se encontram presentes em 12 comunidades isoladas no Amazonas.

A base de dados para obtenção dos artigos analisados foi o Google Acadêmico e Scielo. As pesquisas foram realizadas a partir da análise de diferentes artigos científicos recentes como fontes de pesquisas, publicados no período compreendido entre 2012 a 2019.

### IV. RESULTADOS

Esta pesquisa buscou elucidar os aspectos principais relacionados à utilização de duas fontes de energia mais usufruídas no estado do Amazonas com os efeitos ambientais provenientes de sua geração e evidenciar a energia solar como chave da eficiência energética e fonte de energia limpa e sustentável.

Deste modo, observou-se que um projeto de eficiência energética define ações em determinada operação, visando primordialmente a redução de custos com consumo de insumos energéticos e hídricos, apresentando sugestões de viabilidade técnico-econômica de implantação, incluindo as especificações técnicas, equipamentos, materiais, serviços e as implantações propriamente ditas, além do gerenciamento do projeto e a gestão dos resultados após o término das intervenções [14].

A previsão do Governo Federal é de que as de que as termoelétricas sejam desativadas em função da interligação ao Sistema Integrado Nacional, através da linha Tucuruí, o que mostra a atual situação de mudança do sistema energético do Estado do Amazonas. Contudo, segundo o levantamento da Absolar, o Amazonas é um dos estados que menos investe em energia solar no Brasil. Atualmente, o País produz 124,7 megawatts (mW), enquanto o Amazonas tem potência de apenas 0,055 mW, o que representa 0,04% da geração de energia distribuída em todo o País.

De acordo com Melo o Amazonas ainda não desenvolveu o sistema, ficando muito abaixo do potencial que possui. O Brasil possui um dos melhores níveis de radiação solar na atmosfera. Sendo assim segundo a autora esse recurso poderia ser melhor aproveitado[15]. E segundo Rodrigo Sauai, presidente da Absolar ( Associação Brasileira de Energia Solar ), na região Norte, o Amazonas é o 5º em geração de energia solar, ficando atrás dos estados de Rondônia, Tocantins, Pará e Amapá. Roraima é o único que ainda não possui nenhum sistema de geração de energia solar fotovoltaica.

Sobre a implantação e geração de energia elétrica através da energia solar segundo a Eletrobras Distribuição Amazonas, os sistemas de energia solar fotovoltaicas devem ser interligados à rede da concessionária. O procedimento para que os clientes possam comercializar a energia gerada funciona da seguinte forma: em caso de uso excedente gerado pelo cliente, o quilowatt-hora vira créditos em faturas subsequentes, no limite de até 60 meses para uso dos créditos gerados. A Eletrobras explicou que mesmo

gerando e produzindo toda a energia, o cliente precisa pagar o custo de conexão com a rede elétrica, que varia por tipo de ligação (baixa e média tensão). Para utilizar placas fotovoltaicas é necessário um parecer de acesso e aprovação de projeto, para que o sistema possa operar em sincronismo com o fornecimento de energia elétrica da distribuidora.

### V. CONCLUSÃO

Neste estudo se fez uma revisão teórica sobre Eficiência Energética no Amazonas propondo a energia solar como fonte alternativa. Uma forma de aproveitamento desta energia é através da conversão direta em energia elétrica por meio dos painéis fotovoltaicos. Foram comparadas diversas características construtivas e de rendimento das células fotovoltaicas. Como sua eficiência de conversão não é elevada, e como o ângulo de incidência da luz é variável ao longo do dia e das estações do ano, a aplicação de sistemas para o posicionamento dinâmico de painéis fotovoltaicos pode ser uma solução para levar o rendimento ao máximo. Foi explanado de que forma acontece a geração de energia e sua distribuição por todo o Estado, demonstrando de maneira explicativa quais os impactos ambientais gerados pelo uso contínuo das termoelétricas e hidrelétricas, apresentou a realidade de algumas comunidades ribeirinhas que atualmente foram contempladas em um projeto em parceria do governo com a Eletrobrás.

A tecnologia existente hoje para painéis solares fotovoltaicos ainda encontra-se em desenvolvimento, tanto por conta de seu custo elevado como de sua baixa eficiência, o que acaba por abrir caminho para que sistemas automatizados possam complementar eficiência ao processo de conversão direta da energia solar em elétrica a fim de expandir os horizontes desta tecnologia e num futuro próximo diminuir a níveis toleráveis ou até eliminar a dependência dos combustíveis fósseis que trazem efeitos nocivos para o Estado do Amazonas.

### VI. REFERÊNCIAS

- [1] Tazvinga, H.; Xiaohua, X.; Jiangfeng; Z. Minimum cost solution of photovoltaic–diesel–battery hybrid power systems for remote consumers. *Solar Energy*. 96: 292-299. 2013.
- [2] SOUZA, M. P. de. Análise da viabilidade de utilização da energia solar como fonte alternativa de geração de energia na cidade de Manaus. [dissertação] Universidade Federal Do Amazonas, Faculdade De Tecnologia, Programa De Pós-Graduação Em Engenharia De Produção, 2016.
- [3] Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Governança ambiental: energia. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/governanca-ambiental/portal-nacional-delicenciamento-ambiental/licenciamento-ambiental/atualidadesempreendimentos/item/8322-energia>>. Acesso: 20 Mai. 2019.
- [4] Kripka, Rosana Maria Luvezute; Scheller, Morgana; Bonotto, Danusa Lara. Pesquisa documental: considerações sobre conceitos e características na pesquisa qualitativa. *Atas CIAIQ2015*, v. 2, 2015.
- [5] PINHO, João Tavares, et al. *Sistemas híbridos*. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008.

[6] FRATE, Cláudio Albuquerque. Brasil Junior, Antonio Cesar Pinho. Tecnologias hidrocinética e de gaseificação: requisitos de hibridismo e aplicação em comunidades amazônicas remotas. Revista Universo & Extensão. Vol. 1, No. 1. Belém: UFPA, 2013. Disponível em: <<http://www.revistaeletronica.ufpa.br/index.php>>.

[7] Coelho, Maria Célia Nunes, et al. Questão energética na Amazônia: disputa em torno de um novo padrão de desenvolvimento econômico e social. Novos cadernos NAEA. Vol.13, No. 2. Belém: UFPA, 2010. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/viewArticle/475>>. Acesso: Mar. 2014.

[8] Vichi, Flavio Maron. MANSOR, Maria Teresa Castilho. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. Quimica nova. Vol. 32, No. 3. São Paulo: 2009. Disponível em: <<http://www.scientificcircle.com/pt/50983/energia-meio-ambiente-economia-brasil-contexto-mundial/>>. Acesso: 10 Mar. 2019.

[9] Gomes, Caio Peixoto. Energia solar: utilização como fonte de energia alternativa. Revista Bolsista de Valor. Vol. 2, No. 1. Rio de Janeiro: Essentia Editora, 2012. Disponível em: <<http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/2411>>. Acesso: Abr. 2014.

[10] Palz, W. Energia solar e fonte alternativas. Hermus, 2002.

[11] Wanderley, Augusto César Fialho. Campos, Antonio Luiz P. Siqueira. Perspectivas de inserção da energia solar fotovoltaica na geração de energia elétrica no Rio Grande do Norte. Revista Holos. Ano 29, Vol. 3. Natal: IFRN, 2013. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1493>>. Acesso: 29 Abr. 2019.

[12] Teixeira, Alexandre de Almeida. Carvalho, Matheus Costa. Leite, Leonardo Henrique de Melo. Análise de viabilidade para a implantação do sistema de energia solar residencial. Revista Exacta. Vol. 4, No. 3. Belo Horizonte: UniBH, 2011. Disponível em: <<http://revistas.unibh.br/index.php/dcet/article/view/689>>. Acesso: abr. 2019.

[13] Lima, F. da C.; Borges, J. T. Gestão energética no Amazonas: a alternativa solar. T&C Amazonia, 2014. Disponível em: <<http://tecamazonia.com.br/artigo-gestao-energetica-no-amazonas-a-alternativa-solar/>>. Acesso em: 15 Abr. 2019.

[14] ABESCO- Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Conservação de Energia. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/como-funciona-um-projeto-de-eficiencia-energetica/>>. Acesso em: 15 Mar. 2019.

[15] Melo, K. Amazonas não explora potencial de geração de energia solar, diz associação. Disponível em: <<http://www.acritica.com/channels/governo/news/amazonas-nao-explora-potencial-de-geracao-de-energia-solar-diz-associao>>. Acesso em: 20 Abr. 2019.

## THE IMPORTANCE OF ERGONOMICS IN THE PREVENTION OF WORK ACCIDENTS AND THEIR IMPACT ON ECONOMICS AND PRODUCTIVITY

Fagner Gustavo Freitas Mota<sup>1</sup>, Leandro Bastos Araújo<sup>2</sup>, Anderson de Oliveira Castro<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Curso de Engenharia Mecânica em Centro Universitário do norte (Uninorte) –Av Leonardo Malcher, 715 Manaus AM, Brasil.

Email: [fgnrmota@gmail.com](mailto:fgnrmota@gmail.com), [leandrobastos82@gmail.com](mailto:leandrobastos82@gmail.com), [anderson.mestrado@gmail.com](mailto:anderson.mestrado@gmail.com)

**Received:** June 14<sup>th</sup>, 2019

**Accepted:** July 16<sup>th</sup>, 2019

**Published:** September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

The current scenario in the field of the prevention of work accidents emerges great challenges in what concerns the phenomena that directly and indirectly affect the work of the people. Ergonomics reflects within the organizational environment, being an organizational change that concerns the conditions of work. Ergonomics has been assuming a role of great importance in the work environment, involving the relation of the man with the diverse technologies present in these environments and the necessities of quality. This article presents a study on the conceptual aspect of ergonomics and its benefits to the productive and economic environment. The objective of this article is to highlight the importance of ergonomics in the prevention of work accidents and the reflection on the reduction of costs in economy and productivity. To obtain the necessary references to the understanding of the theme, this article was based on a bibliographical research. It was concluded that ergonomics contributes significantly to productivity, product quality and / or service, and worker well-being.

**Keywords:** Ergonomics, Work Accidents, Biomechanics, Anthropometry, Ergonomic Work Analysis.

### A IMPORTÂNCIA DA ERGONOMIA NA PREVENÇÃO DE ACIDENTES DE TRABALHO E SEU IMPACTO NA ECONOMIA E PRODUTIVIDADE

#### RESUMO

O cenário atual no âmbito da prevenção de acidentes de trabalho emerge grandes desafios no que concernem os fenômenos que direta e indiretamente afetam o trabalho das pessoas. A ergonomia reflete dentro do ambiente organizacional, tratando-se de uma mudança organizacional que diz respeito às condições de trabalho. A ergonomia vem assumindo um papel de grande importância no ambiente de trabalho, que envolvem a relação do homem com as diversas tecnologias presentes nesses ambientes e as necessidades de qualidade. Este artigo traz um estudo sobre o aspecto conceitual da ergonomia e seus benefícios para o ambiente produtivo e econômico. Como objetivo este artigo deseja evidenciar a importância da ergonomia na prevenção de acidentes de trabalho e o reflexo na redução de custos na economia e produtividade. Para obter as referências necessárias ao entendimento do tema, este artigo foi baseado em uma pesquisa bibliográfica. Concluiu-se que a ergonomia contribui de forma significativa na produtividade, na qualidade do produto e/ou serviço e no bem estar dos trabalhadores.

**Palavras-chave:** Ergonomia, Acidente de Trabalho, Biomecânica, Antropometria, Análise Ergonômica do Trabalho.

## I. INTRODUÇÃO

Nas atividades produtivas diversas e em todas as esferas dos setores econômicos existem riscos de acidentes de trabalho que sempre se constituíram em elevadas estatísticas em relação aos agravos à saúde do trabalhador. Grande parte dos acidentes ocorrem por multifatores que se relacionam ao ambiente de trabalho e sua dinâmica interna, em maquinários, ferramentas, layout de chão de fábrica, trabalhos em locais de difícil acesso e outros tem produzido sinistros na economia brasileira, incapacidades laborais e óbitos de trabalhadores [1].

Estudos de [2] permitem analisar que os acidentes ocupacionais têm influência no meio técnico e tecnológico e também nas relações de trabalho e até mesmo no clima organizacional, bem como nas condições de saúde.

Em relação à forma de atuação contra os acidentes de trabalho no Brasil, o enfoque tradicional tem sido alvo de críticas por ser muito reducionista em relação a realidade do trabalho e a dinâmica que envolve eventos que tem possuem grande poder de causar danos ao trabalhador, decorrentes de erros humanos e operacionais, bem como do comportamento humano e suas influências internas e externas.

Um dos problemas acentuados nesse estudo parte de duas vertentes: o descumprimento das normas de segurança e a carência expressiva de aplicação de mecanismos de ergonomia no trabalho com a finalidade de evitar acidentes ocupacionais.

Nesse contexto, a evolução da Engenharia de Segurança e Saúde do Trabalho – SST se fundamenta como disciplina em fontes da Higiene e Saúde Ocupacional que se constitui em uma abordagem limitada, por ter as condições de explicar e justificar os processos causais que decorrem de eventos que causam acidentes. A análise é superficial em relação à dimensão do trabalho humano que envolve vários aspectos psicológicos e físicos [3].

Sob esse ponto de vista, o trabalhador estressado, por exemplo, tem maiores probabilidades de incorrer em erros operacionais e sofrer um acidente, bem como é necessária uma análise mais detalhada de todas as situações no trabalho que sobrecarregam o trabalhador.

Busca-se com a pesquisa responder como a pode contribuir para evitar acidentes ocupacionais no ambiente de trabalho.

Os pressupostos do estudo apontam que a ergonomia apresenta os parâmetros científicos para favorecer a adaptação do ambiente de trabalho às características de ordem psicofisiológicas do ser humano de maneira que seja possível determinar níveis de qualidade de vida e conforto.

A relevância do estudo é discutir a especialidade da ergonomia como ciência voltada à qualidade do trabalho como forma de evitar acidentes no cotidiano das organizações, a partir de medidas biomecânicas e antropométricas para diminuir o esforço físico nas atividades laborais.

Teve-se como objetivo nesta pesquisa identificar a contribuição da Ergonomia e suas aplicações em ambientes de trabalho para conter custos na economia e produtividade. Pretende-se apontar a Ergonomia e suas práticas de natureza antropométrica e biomecânica na aplicação da Análise Ergonômica do Trabalho - AET e situar a sua influência na redução de acidentes de trabalho.

## II. MATERIAL E MÉTODOS

### II.1 BUSCA ELETRÔNICA

A metodologia adotada no estudo caracteriza-se como uma revisão de literatura do tipo exploratória que utilizou de bibliotecas virtuais abertas como base de dados para coleta da amostra, as

quais foram Portal de Periódicos CAPES, Scopus, ScienceDirect e Scielo. Os descritores definidos para a pesquisa foram “Problemas ergonômicos no local de trabalho”, “Regulamentação da ergonomia” e “Ergonomia aplicada”.

A coleta de dados foi realizada no período de março, em que foram analisados os títulos e resumos dos artigos encontrados que discorriam sobre o tema de estudo. Foram incluídos no estudo um total de 10 artigos de relevância.

Adotou-se como critério de inclusão artigos que foram publicados na íntegra, disponíveis gratuitamente nas plataformas pré-definidas, dentro do tema estabelecido.

Em posse da amostra, realizou-se uma análise minuciosa dos artigos e em seguida foram sintetizados por similaridade de conteúdo, emergindo as categorias de análise que culminaram na revisão de literatura que compôs o resultado do trabalho. A síntese do processo metodológico pode ser observado na Figura 1.

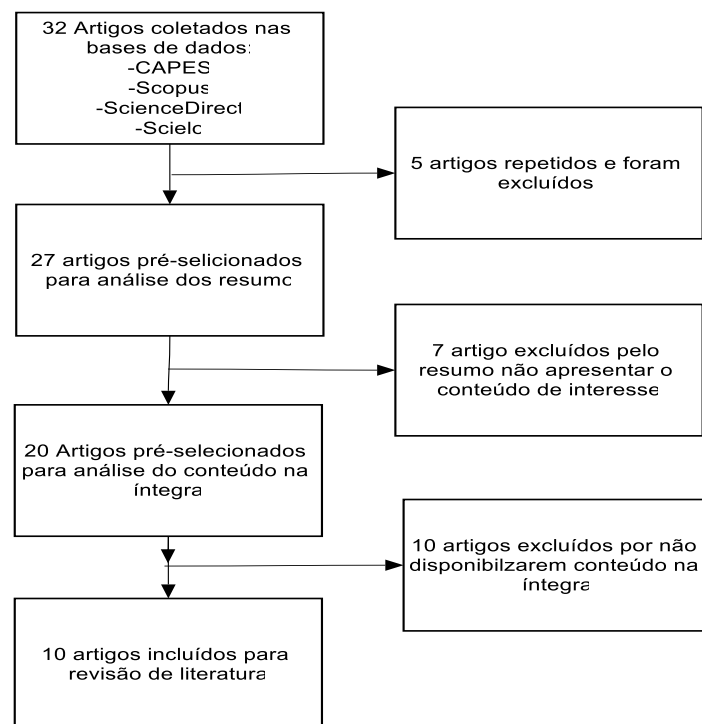


Figura 1: Uma visualização do processo de busca sistemática.

Fonte: Autores, (2019).

## III. REVISÃO DE LITERATURA

### III.1 OS ACIDENTES DE TRABALHO EM UMA PERSPECTIVA ERGONÔMICA

Um dos maiores problemas relacionados à saúde e segurança no trabalho se constitui na redução de acidentes ocupacionais. De acordo com [3] avalia que o modelo sociotécnico aplicado aos mecanismos de análise do ambiente de trabalho não permitem evidenciar as causas multifatoriais dos acidentes de trabalho. Na visão do autor, existem avaliações que indicam que os acidentes de trabalho poderiam ser evitados se o modelo de análise de risco estiver fundamentado em uma análise ergonômica do ambiente de trabalho.

Moraes [4] analisa que no trabalho o ser humano tende a ter uma postura desconforme com a coluna vertebral durante a realização de atividades laborais, o que representa o surgimento de

problemas, na medida em que a musculatura permanece um longo tempo sob esforço nas posturas inadequadas.

Nessa perspectiva, o autor avalia a importância da aplicação de diretrizes ergonômicas no trabalho, considerando as condições biomecânicas do posto de trabalho, a partir das condições de sobrecarga física com as mãos, os punhos, a forma de sentar e a postura, o tempo do ciclo de atividades repetitivas e a sobrecarga de peso das ferramentas de trabalho a fim de avaliar o esforço físico.

Ollay [5] discute a relevância da ergonomia como campo de conhecimento para a otimização das condições de trabalho. Segundo a autora, a ergonomia é um instrumento eficiente para determinar uma intervenção em áreas produtivas com índices de acidentes com máquinas, ferramentas e equipamentos de trabalho.

A ergonomia como ciência que tem a função de adaptar o trabalho ao homem [6], é um instrumento de apoio para as empresas, pois reduz sensivelmente os custos causados pelos acidentes.

Sob esse ponto de vista, as atividades laborais são estudadas e analisadas sob cinco áreas com enfoques ergonômicos: A primeira se relaciona ao processo de organização do trabalho pesado e das situações de planejamento no sistema de trabalho; a segunda trata de questões de biomecânica em relação ao trabalho e a avaliação dos tipos de ferramentas; a terceira enfoca as adequações ergonômicas para os postos de trabalhos diversificados; a quarta área tem como eixo a avaliação e prevenção da fadiga nas atividades ocupacionais, propondo regras e orientações para a sobrecarga de trabalho e a quinta área atua diretamente com as ações de prevenção de erros humanos nas atividades laborais.

No quadro abaixo, [3] avalia que a análise ergonômica envolve procedimentos apurados de avaliação das tarefas, as características individuais e as condições de execução das atividades a fim de indicar os determinantes que poderão incorrer em eventos de riscos de acidentes e doenças ocupacionais.

Nessa conjuntura, partindo-se da avaliação do trabalho, como objeto, indica-se os campos que necessitarão de mudanças com o objetivo de proteger a saúde do trabalhador e melhorar as condições de produtividade.

O laudo ergonômico aponta os determinantes nas atividades de trabalho e a implementação do projeto ergonômico resulta em consequente melhoria da qualidade dos processos.

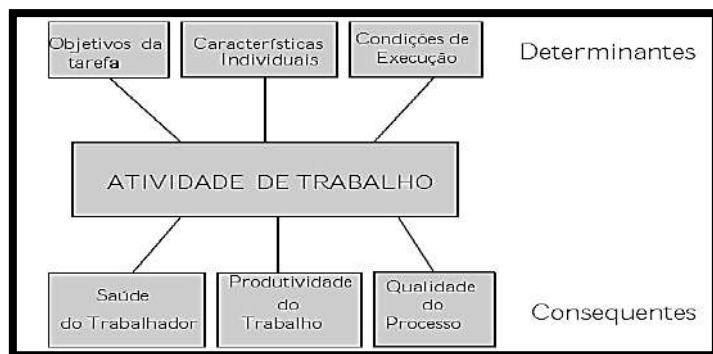


Figura 2: Análise ergonômica.

Fonte: [3].

Neste contexto, a ergonomia é um instrumento relevante para a realidade do sistema sociotécnico contemporâneo que prevalece a relação homem/tecnologia integrado a uma conjuntura de processos e pessoas no ambiente organizacional.

### III.2 A REGULAMENTAÇÃO DA ERGONOMIA NA NR - 17

Nas atividades produtivas em setores industriais existem diversas situações que impõe a realização de atividades de uma maior intensidade de esforço físico, em especial as que demandam posturas repetitivas, exposição aos agentes químicos e biológicos diversos e às condições ambientais rigorosas como a presença de altas temperaturas, pressão e vibração.

Os fenômenos que podem produzir eventos perigosos no ambiente de trabalho devem ser analisados por meio de avaliação ergonômica, cuja metodologia de intervenção está prevista na NR – 17. As diretrizes de ergonomia foram introduzidas como estrutura de apoio aos programas: Programa de Controle de Meio Ambiente do Trabalhador – PCMAT, e do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO [3].

Embora, a NBR- 17 tenha as diretrizes ergonômicas definidas como solução para evitar acidentes e produzir efeitos para a redução da incidência de acidentes de trabalho, a dimensão da qualidade na perspectiva ergonômica para a qualidade das condições de trabalho.

Conforme [7], a intervenção ergonômica no ambiente de trabalho exige a realização de um laudo ergonômico e somente se faz necessário se houver o pedido de um juiz nos casos de requerimento do trabalhador em caso de acidentes de trabalho ou aposentadoria por invalidez em casos de doença ocupacional causada por problemas osteomusculares, associados aos riscos ergonômicos.

Nesse contexto, o autor demonstra que a intervenção ergonômica se refere a uma situação que exige comprovação das condições de trabalho, a fim de ser usada como forma de auxiliar o julgamento em requerimento de aposentadoria pelos trabalhadores nos casos de acidentes e doenças ocupacionais (LER, lombalgia e outras) relacionadas aos agentes de riscos ergonômicos.

A Análise Ergonômica do Trabalho – AET aplicada ao trabalho é realizada a partir de análise ambiental realizada por um profissional qualificado e não se faz necessário a realização de um laudo. Nesse aspecto, o profissional de ergonomia poderá, a pedido da empresa, realizar um projeto ergonômico adequado com o objetivo de melhorar as condições de trabalho, cuja solução se faz por meio de um mobiliário que atenda às necessidades de natureza antropométrica e biomecânica dos trabalhadores.

Conforme [7], um projeto ergonômico compreende um novo sistema homem-tarefa-máquina que como finalidade de adaptação do homem ao trabalho a partir de soluções psicobiomecânicas para otimizar plenamente a realização das tarefas, evitando falhas e posturas inadequadas a partir da aplicação de técnicas de antropometria em uma intervenção direta no local de trabalho.

Para a realização do Projeto Ergonômico – PE é necessário desenvolver a Análise Ergonômica do Trabalho – AET que se constitui de um conjunto de avaliações de aplicação científica

adequada orientada para os aspectos negativos do trabalho e sua solução, tendo em vista que existem diversos fatores que afetam diretamente a qualidade do trabalho diante dos riscos de acidentes e doenças ocupacionais.

A metodologia compreende: a) a análise da demanda e do contexto de cada atividade laboral desenvolvida; b) o funcionamento da organização e seus traços, a partir da noção de risco ergonômico nos processos técnicos e nas tarefas a fim de desenvolver uma avaliação global sobre cada atividade. Essa técnica ergonômica implica na formulação de um pré-diagnóstico (determinação de hipóteses) para a partir dessas definir um plano de observação sistemática, o tratamento dos dados e a validação os mesmos, a partir da interação com os trabalhadores e suas ferramentas e tendo como fonte de análise as entrevistas.

Com base nos dados do ambiente de trabalho, o profissional de ergonomia tem condições de realizar um diagnóstico mais realístico e global dos problemas da empresa em termos de riscos ergonômicos e proceder às soluções para o processo de transformação.

A figura 2 mostra as fases de sua realização através de um esquema.

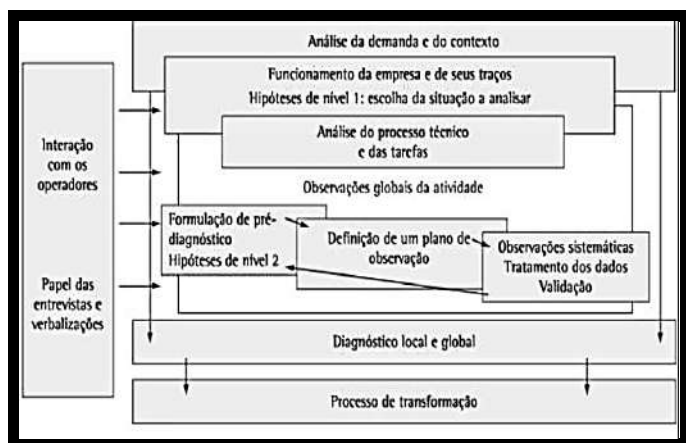


Figura 2: Abordagem da análise ergonômica do trabalho – AET.  
Fonte: [8].

Segundo [6], a AET envolve técnicas de antropometria estática que representa uma técnica de mensuração das medidas referentes ao local específico de atividade (atividade exercida sem movimentos) do trabalhador com o objetivo de adaptar o ambiente ao conforto psicofísico do trabalhador, por exemplo em cadeiras, cabines, mesas e maquinários, conforme a execução dos movimentos, a partir da antropometria dinâmica é associada a uma técnica para cargos que exigem muitos movimentos com a finalidade de redução do esforço físico.

Conforme [9] em relação à natureza do trabalho estático e dinâmico, ambos poderão ocasionar doenças ocupacionais, bem como acidentes. E mesmo quando se classifica uma atividade de movimento estático, tem-se ainda certos movimentos do tronco para a frente e para os lados. As atividades que exigem movimentos estáticos em tempo prolongado produzem sobrecarga na coluna. Nessa perspectiva, a postura correta é de grande importância para evitar lesões. Os autores descrevem que na natureza do trabalho tanto de natureza estática quanto dinâmica poderão ser passíveis de

produzir efeitos negativos, considerando-se a exposição e o tempo de trabalho em que se exige ou outro movimento de forma prolongada ou excessiva [9].

As diretrizes de ergonomia são fundamentais em atividades laborais com riscos de lesões por sobrecarga em face do grau elevado de movimentos severos durante a jornada de trabalho. Portanto, um projeto ergonômico de melhoria da qualidade de vida no trabalho compreende a AET, considerando o dimensionamento de todas as práticas efetivas dos trabalhadores a partir da observação das posturas naturais inadequadas dos braços, pernas e tronco.

Segundo [3] avalia que a AET é formada por três ações: análise da demanda, análise da tarefa e análise da atividade. A análise da demanda se constitui na primeira fase da chamada intervenção ergonômica, cuja base é a observação direta da natureza e da dimensão do ambiente de trabalho. Parte-se da busca de problema com o objetivo de aplicar medidas de mudança a fim de adaptar o ambiente ao trabalhador.

Conforme [10], a primeira fase consiste no levantamento dos dados sobre a situação de trabalho, tais como: tipo de tecnologia empregada; organização do trabalho adotada; principais características da mão-de-obra; principais aspectos socioeconômicos; diversos pontos de vista do problema formulado pela demanda.

Nessa etapa que o ergonomista deverá desenvolver técnicas para obtenção de informações acerca da situação de trabalho, considerando todas as dimensões referentes à demanda. Trata-se, portanto, da fase de investigação das problemáticas a partir da interação entre os trabalhadores e o ambiente de trabalho, nessa fase colhem-se as fontes para a produção das hipóteses acerca de como o ambiente tem produzido eventos negativos.

A análise da tarefa é a fase observação de todas as atividades desenvolvidas pelos trabalhadores durante a jornada de trabalho e a forma como estão realizando, compreendendo os aspectos referentes à avaliação das condições de realizar as tarefas, mediante a situação que as empresas oferecem a partir de suas técnicas, incluindo nessa análise as formas de aplicação de segurança no trabalho. Portanto, as tarefas compreendem as ações comunicativas gestuais e verbais, os deslocamentos dentro da área de trabalho, a movimentação com equipamentos e recursos a fins [3].

A análise das atividades compreende a efetividade do processo produtivo realizado pelos empregados, tendo como foco de avaliação o comportamento no trabalho, a postura ao realizar as tarefas e dos equipamentos de trabalho e os riscos que poderão causar ao trabalhador, abrangendo maquinários, equipamentos e mobiliários.

Com base na demanda de análises, das queixas dos trabalhadores, dos tipos de acidentes e das doenças ocupacionais existentes causadas por riscos ergonômicos ou que possam produzir riscos futuros, o ergonomista tem a como foco realizar uma proposta na forma de um projeto, com base nas observações realizadas e nos problemas encontrados.

Lida [6] avalia que o papel do ergonomista é desenvolver uma sistemática de adaptação do homem ao seu tipo de atividade profissional, reduzindo os riscos de acidentes de trabalho e de doenças ocupacionais, utilizando-se de métodos e técnicas de

análise e observação do comportamento humano no trabalho e as condições ambientais, a fim de determinar a melhoria da qualidade de vida no trabalho em termos de segurança, satisfação e bem-estar dos trabalhadores no seu relacionamento com os sistemas produtivos.

### III.3 OS CUSTOS COM ACIDENTES DE TRABALHO NO BRASIL

Esforços repetidos ou forçados, carga estática sustentada, anatomicamente postura não neutra, movimentos acelerados, externamente as forças compressivas aplicadas e a vibração podem afetar as funções musculoesqueléticas, tecidos nervosos e circulatórios. Exposição a cada um destes fatores ergonômicos causa lesões músculo-esqueléticas (LME) em uma ou mais regiões do corpo. O risco é especialmente perceptível quando um trabalho inclui exposição a uma combinação de dois ou mais desses fatores de risco. Exposições de alta intensidade ou longa duração aumentam o risco de LMEs. Os dados mostram que exposição-resposta mostram que LMEs relacionados ao trabalho podem ocorrer mesmo quando os trabalhadores estão expostos a um fator de risco ocupacional ocasionalmente ou por 25% ou menos do dia [11].

Organização do trabalho, organização do tempo de trabalho, trabalho diferente horários (trabalho diurno versus vários tipos de trabalho por turnos), horas e horas extras também podem produzir impactos negativos saúde dos trabalhadores. Transições em arranjos de tempo de trabalho são relacionados a mudanças na saúde [12]. Trabalhando por muito tempo horas ou ao longo do tempo foi mostrado para ser associado com más condições na saúde, mais lesões, comportamento insalubre e aumento da morbidade e mortalidade [13-17].

A alta taxa de mortalidade e a incidência de acidentes de trabalho no Brasil espelham a precariedade das condições de trabalho, que aliadas ao descumprimento das normas de segurança e saúde no ambiente de trabalho concorrem para a elevação dos índices de acidentes e doenças ocupacionais [18].

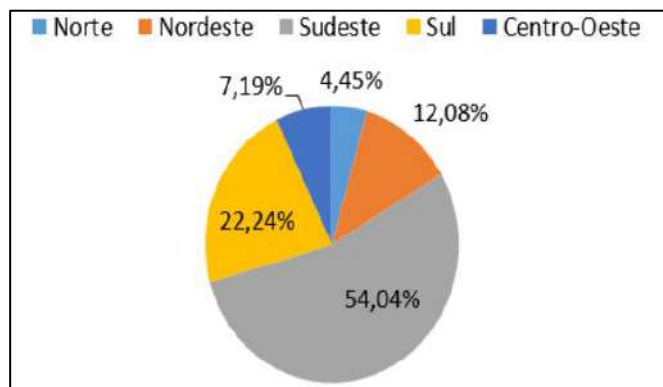


Figura 3: Acidentes de trabalho por regiões no Brasil.

Fonte: Adaptado de [19].

Tabela 1: Quantidade de acidentes de trabalho no país com e sem CAT registrada.

| Região | Anos  | Quantidade de Acidentes de Trabalho |                    |           |          |                    |                    |
|--------|-------|-------------------------------------|--------------------|-----------|----------|--------------------|--------------------|
|        |       | Total                               | Com CAT Registrada |           |          | Sem CAT Registrada |                    |
|        |       |                                     | Total              | Típico    | Trajetos |                    | Doença do Trabalho |
| BRASIL | 2013  | 725.664                             | 563.704            | 434.339   | 112.183  | 17.182             | 161.960            |
|        | 2014  | 712.302                             | 564.283            | 430.454   | 116.230  | 17.599             | 148.019            |
|        | 2015  | 612.632                             | 502.942            | 383.663   | 106.039  | 13.240             | 109.690            |
|        | TOTAL | 2.050.598                           | 1.630.929          | 1.248.456 | 334.452  | 48.021             | 419.669            |
|        | %     | 100,00%                             | 79,53%             | 60,88%    | 16,31%   | 2,34%              | 20,47%             |

Fonte: Adaptado de [19].

Os acidentes de trabalho são evitáveis e causam um grande impacto sobre a produtividade e a economia, além de grande sofrimento para a sociedade. Segundo a Organização Internacional do Trabalho (OIT), ocorrem cerca de 270 milhões de acidentes de trabalho e cerca de dois milhões de mortes por ano em todo o mundo [20], que, por serem potencialmente evitáveis, expressam negligência e injustiça social.

Os custos dos acidentes de trabalho são raramente contabilizados, mesmo em países com importantes avanços no campo da prevenção [21]. Estima-se que 4% do Produto Interno Bruto (PIB) sejam perdidos por doenças e agravos ocupacionais, o que pode aumentar para 10% quando se trata de países em desenvolvimento. No Brasil, com base no PIB do ano 2002, essas estimativas de perda ficariam entre US\$ 21,899,480 e US\$ 54,748,700 refletindo baixa efetividade das políticas e programas de prevenção de agravos à saúde no trabalho [20].

### IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a busca eletrônica nas quatro bases de dados definidas na metodologia, identificou-se 32 artigos, em que se retirou 5 artigos por serem duplicados. Examinou-se 27 artigos pelo título e resumo, em que se retirou 7 por não serem potencialmente relevantes. Examinou-se 20 artigos e foram excluídos 10 por não disporem do conteúdo na íntegra. Um exame mais detalhado dos resumos e os textos completos associados, confirmaram a inclusão de 10 artigos na revisão de literatura. Os artigos incluídos através do processo de busca sistemática foram adicionados com base no conhecimento e domínio dos autores e foi atribuído principalmente questões em torno de indexação revista, o período de publicação. Em geral, este processo resultou num total de 10 artigos para inclusão, dispostos na Tabela 2.

O objetivo desta revisão sistemática da literatura foi identificar e avaliar criticamente estudos que avaliaram a importância da ergonomia na prevenção de acidentes de trabalho e relacionar com os custos na economia e na produtividade. A pesquisa levou em consideração a qualidade dos estudos incluídos; as principais descobertas do estudo e as contribuições para o conhecimento; e, implicações para aplicações da falha de ergonomia nos custos e na produtividade.



**Tabela 2:** Disposição das amostras.

| ITEM | TÍTULO   | AUTOR  | ANO  | PERIÓDICO  |
|------|--|--|------|--|
| 1    | Introductory report "beyond death and injuries: the ilo's role in promoting safe and healthy jobs"   | AL-TUWAIJRI, et al. [22]   | 2008 | <i>XVIII World Congress on Safety and Health at Work</i> |
| 2    | An ergonomics program designed to reduce the incidence of upper extremity work related musculoskeletal disorders.  | BERNACKI, E.J., GUIDERA, J.A., SCHAREFER, J.A., LAVIN, R.A., TSAI, S.P. [23] | 1999 | <i>J. Occup. Environ. Med.</i>                           |
| 3    | Work Organization and Ergonomics.  | DI MARTINO, V., CORLETT, N. [24]   | 1998 | <i>ILO</i>   |
| 4    | A review of ISO and CEN standards on ergonomics.   | DUL, J., DE VLAMING, P., MUNNIK, M. [25]                                     | 1996 | <i>Int. J. Ind. Ergon.</i>                               |
| 5    | Shift work and health e a critical review of the literature on working hours.  | HARRINGTON, J.M. [13]  | 1994 | <i>Ann. Acad. Med. Singapore</i>                         |
| 6    | Job decision latitude, job demand and cardiovascular disease: a prospective study of Swedish men.  | KARASEK, R.A., BAKER, D., AHLBOM, A., et al. [26]                            | 1981 | <i>Am. J. Public Health</i>                              |
| 7    | Initiating an innovative change process for improved working conditions and ergonomics with participation and performance feedback: a case study in an engineering workshop. | LAITINEN, H., SAARI, J., KUUSELA, J. [27]                                    | 1987 | <i>Ind. J. Ind. Ergon.</i>                               |
| 8    | Economic losses from repetitive strain injuries.   | LEVENSTEIN, C. [28]  | 1999 | <i>In: Cherniack, Me (Ed.), Occupational Medicine</i>    |
| 9    | Library of Congress Workplace Ergonomics   | MANSFIELD, J.A., ARMSTRONG, T.J [29]   | 1997 | <i>Program. Am. Ind. Hyg. Assoc. J.</i>                  |
| 10   | Fraud in the workers' compensation system: origin and magnitude.   | MICHAELS, D. [30]  | 1998 | <i>State Art Rev. Occup. Med.</i>                        |

Fonte: Autores, (2019).

## V. CONCLUSÃO

Com a atual situação da relação saúde-trabalho, tem ocorrido uma rigorosa vigilância para se avaliar e demonstrar quais os verdadeiros riscos para o homem. A prevenção apresenta-se como a principal e melhor opção no trato de doenças ocupacionais, cabendo aos profissionais da área de saúde ocupacional a tarefa de impulsionar a adoção de medidas que interfiram em possíveis casos de doenças ocupacionais. Contudo, o enfoque aplicado aos estudos sobre a atividade dos trabalhadores, implica em novas situações de trabalho a serem exploradas, a fim de buscar compreender cada vez mais a complexidade e particularidade do ser humano e suas limitações.

Os acidentes de trabalho são evitáveis e causam um grande impacto sobre a produtividade e a economia. Com base no que se expôs, verificou-se as perdas, com base no PIB, o que reflete baixa

efetividade das políticas e programas de prevenção de agravos à saúde no trabalho.

## VI. REFERÊNCIAS

[1] Vilela, Rodolfo Andrade de Gouveia; Almeida, Ildeberto Muniz de; Mendes, Renata Wey Berti. Da vigilância para prevenção de acidentes de trabalho: Contribuição da ergonomia da atividade. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csc/v17n10/29.pdf>>. Acesso em: Mar. de 2019.

[2] Barbosa, Rildo Pereira; Barsano, Paulo Roberto. Controle de riscos - Prevenção de acidentes no ambiente ocupacional. 2. ed. São Paulo: Érica, 2014.

[3] REIS, Pedro Ferreira; Moro, Antônio Renato Pereira. Risco ergonômico do trabalho repetitivo. 1. ed. São Paulo: Paco Editorial, 2014.

[4] Moraes, Anamaria. Ergonomia: Conceitos e aplicações. 1. ed. São Paulo: Editora 2AB, 2010.

[5] Ollay, Cláudia Dias. Análise ergonômica do trabalho - Práticas de transformação das situações do trabalho. 1. ed. São Paulo: Andreolli, 2016.

[6] Lida, Itiro. Ergonomia: Projeto e produção. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

[7] Correa, Vanderlei Moraes; Boletti, Rosane Rosner. Ergonomia: Fundamentos e aplicações. 1. ed. São Paulo: Bookman, 2015.

[8] Pizo, Carlos Antonio; Menegon, Nilton Luiz. Análise ergonômica do trabalho e o reconhecimento científico do conhecimento gerado. Revista Produção, v. 20, n. 4, out./dez. 2010.

[9] Deinling, Moacir Francisco; Pesamosca, Daniela. Análise ergonômica do trabalho – AET em uma empresa de confecções. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, v. 6, n. 11, p. 37-58, 2014.

[10] Oliveira, Altemar Sales de et al. Análise da demanda ergonômica do trabalho e o deslocamento de efetivos de uma empresa de tecnologia da informação: Teoria e prática em um estudo de caso. 2007. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/228328245\\_Analise\\_da\\_demanda\\_ergonomica\\_do\\_trabalho\\_e\\_o\\_deslocamento\\_de\\_efetivos\\_de\\_uma\\_empresa\\_de\\_tecnologia\\_da\\_informacao\\_teorica\\_e\\_pratica\\_em\\_um\\_estudo\\_de\\_caso](https://www.researchgate.net/publication/228328245_Analise_da_demanda_ergonomica_do_trabalho_e_o_deslocamento_de_efetivos_de_uma_empresa_de_tecnologia_da_informacao_teorica_e_pratica_em_um_estudo_de_caso)>. Acesso em: Mar. de 2019.

[11] Punnett, L., 2000. Editorial e commentary on proposed OSHA ergonomics program standard. J. Occup. Environ. Med. 42 (10), 970e981.

[12] De Raeve, L., Jansen, N., Kant, I., 2007. Health effects of transitions in work schedule, work hours and overtime in a prospective cohort study. Scand. J. Work Environ. Health 33 (2), 105e113.

- [13] Harrington, J.M., 1994. Shift work and health e a critical review of the literature on working hours. *Ann. Acad. Med. Singapore* 23 (5), 699e705.
- [14] Sparks, K., Cooper, C., Fried, Y., Shirom, A., 1997. The effects of hours of work on health: a meta-analytic review. *J. Occup. Org. Psychol.* 70, 391e408.
- [15] Spurgeon, A., Harrington, J.M., Cooper, C.L., 1997. Health and safety problems associated with long working hours: a review of the current position. *Occup. Environ. Med.* 54 (6), 367e375.
- [16] Van De Hulst, M., 2003. Long working hours and health. *Scand. J. Work Environ. Health* 29 (3), 171e188.
- [17] Van Amelsvoort, L.G., Schouten, E.G., KOK, F.J., 2004. Impact of one year of shift work on cardiovascular disease risk factors. *J. Occup. Environ. Med.* 46 (7), 699e706.
- [18] Santana, V.; Nobre, L.; Waldvogel, B. C. Acidentes de trabalho no Brasil entre 1994 e 2004: uma revisão. *Ciência & Saúde Coletiva*, 10 (4), p. 841-855, 2005.
- [19] Brasil. Ministério da Fazenda. Anuário Estatístico da Previdência Social – AEPS 2015. v.24 Brasília: Secretaria da Previdência, 2015. 918 p. Disponível em: < <http://www.previdencia.gov.br/wp-content/uploads/2015/08/AEPS-2015-FINAL.pdf> >. Acesso em: 09 abr. 2019.
- [20] INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. Safety in numbers: pointers for the global safety at work. Geneva; 2003.
- [21] Dorman, P. The economics of safety, health, and well-being at work: an overview. Geneva: ILO; 2000.
- [22] AL-TUWAIJRI, et al. Introductory report “beyond death and injuries: the ilo’s role in promoting safe and healthy jobs”. In: XVIII World Congress on Safety and Health at Work, June 2008, Seoul, Korea.
- [23] Bernacki, E.J., Guidera, J.A., Scharefer, J.A., Lavin, R.A., TSAI, S.P., 1999. An ergonomics program designed to reduce the incidence of upper extremity work related musculoskeletal disorders. *J. Occup. Environ. Med.* 41, 1032e1041.
- [24] Di Martino, V., Corlett, N., 1998. *Work Organization and Ergonomics*. ILO.
- [25] Dul, J., De Vlaming, P., Munnik, M., 1996. A review of ISO and CEN standards on ergonomics. *Int. J. Ind. Ergon.* 17, 29e297.
- [26] Karasek, R.A., Baker, D., Ahlbom, A., et al., 1981. Job decision latitude, job demand and cardiovascular disease: a prospective study of Swedish men. *Am. J. Public Health* 71, 694e705.
- [27] Laitinen, H., Saari, J., Kuusela, J., 1997. Initiating an innovative change process for improved working conditions and ergonomics with participation and performance feedback: a case study in an engineering workshop. *Ind. J. Ind. Ergon.* 9, 299e305.
- [28] Levenstein, C., 1999. Economic losses from repetitive strain injuries. In: Cherniack, Me (Ed.), *Occupational Medicine: State of the Art Review*. Hanley & Belfus, Philadelphia PA.
- [29] Mansfield, J.A., Armstrong, T.J., 1997. Library of Congress Workplace Ergonomics Program. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 58, 138e144.
- [30] Michaels, D., 1998. Fraud in the workers’ compensation system: origin and magnitude. *State Art Rev. Occup. Med.* 13, 439e442.

## ANALYSIS OF THE WASTE RECYCLING PROCESS FOR NON-STRUCTURAL CONCRETE MANUFACTURING

Barbara Robson Luna de Oliveira<sup>1</sup>, Jéssica Luna Camico<sup>2</sup>, Jéssica Oliveira Soares<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Discente de Engenharia Civil. Centro Universitário do Norte (UNINORTE), Manaus-AM.

<sup>2</sup> Mestre em Ciências Biológicas. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus-AM.

<sup>3</sup> Mestre em Tecnologia da Informação. Centro Universitário do Norte (UNINORTE), Manaus-AM.

Email: [b.luna@gmail.com](mailto:b.luna@gmail.com), [jesyka.luna@gmail.com](mailto:jesyka.luna@gmail.com), [jessica.oliveira@uninorte.com.br](mailto:jessica.oliveira@uninorte.com.br)

Received: June 26<sup>th</sup>, 2019

Accepted: July 31<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

One of the major challenges facing society, in order to avoid environmental degradation and the contamination of water and soil sources, is the adequate disposal of industrial and urban waste. The area of construction is also considered to be the most harmful to the environment, especially as regards the waste of natural resources and the gradual increase of waste. This study aims to analyze the waste recycling process for the manufacture of non-structural concrete, promoting the practice of waste recycling as a sustainable alternative for the disposal of the debris. In order to respond to the research objectives, the methodological choice was a bibliographical review of the integrative type. The study showed that waste recycling is a sustainable alternative for waste disposal, reducing the chances of deposition in clandestine sites, helping to relieve pressure on landfills and allowing reuse of previously discarded materials.

**Keywords:** Concrete, Reuse, Waste.

### I INTRODUCTION

The construction industry has an important socioeconomic and strategic role in the development of the country as one of the sectors that contributes most to the gross domestic product (GDP) and the great generation of jobs, the sector also includes all the complex chain of activities linked the construction, as directly and indirectly related services to the branch, suppliers of industrial inputs and other. In the first half of 2015, the construction industry accounted for 10.1% of the country's total GDP, according to data presented by the Brazilian Chamber of Construction Industry (CBIC, 2016) obtained through the surveys of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) industry employed more than 9 million employees in 2014, which represented approximately 8.67% of jobs for that year [1].

Civil Engineering is the most important area when it comes to structure, since it allows the development and execution of projects and constructions of buildings, roads, tunnels, subways, dams, ports, airports, choosing the most suitable places for a construction, the analysis of the solidity and safety of the site, the

material to be used in the project and the monitoring of the progress of the project [2].

On the other hand, the area of civil construction is also considered to be the most harmful to the environment, mainly as regards the waste of natural resources and the gradual increase of waste.

Civil construction, which is a basic activity in any world economy, has been facing the era of cost reduction, since construction materials in several countries are being depleted and transport costs, from more distant places, are increasing.

The construction industry has been incessantly pursuing more efficient and modern construction methods and systems to increase productivity, reduce waste and meet growing demand. When choosing a construction system for a building, it is recommended that a study be carried out to understand the most suitable construction method for each situation and for the different types of construction [3].

One of the serious urban problems is the generation and disposal of solid waste from buildings and demolitions, directly reflecting the environmental quality of the urban spaces of the municipalities.

In this scenario, waste recycling appears as a sustainable alternative and a powerful weapon for the disposal of the debris, combating the problem making the waste again usable in the construction sector itself, where there is great potential for absorption.

The recycling of waste, besides reducing the chances of deposition in clandestine places, represents lower costs and allows the reuse of previously discarded materials. The reason for the formations and accumulations of such wastes are generated by disorganized urbanization, erroneously constructed concrete buildings and natural tragedies from wars with bombardment and armed conflict [4].

Waste management, understood here as a term referring directly or indirectly to the collection, transportation, transshipment, treatment and final disposal of solid wastes and environmentally adequate tailings disposal [5], is governed by technical norms, federal laws and decrees, resolutions of the National Environment Council-CONAMA and the National Sanitary Surveillance Agency-ANVISA, among other norms [5]

The National Environmental Council (CONAMA), in the use of the powers conferred on it by Law 6.938, establishes guidelines, criteria and procedures for the management of construction waste, supporting the initiative and the use of technologies for recycling of waste, considering the need to stimulate the minimization of waste generation.

As a result, this article aims to analyze the waste recycling process for the manufacture of non-structural concrete, promoting the practice of waste recycling as a sustainable alternative for the disposal of the debris.

## II. THEORETICAL REFERENCE

### II.1 FUZZY MODELING APPLIED TO WASTE MANAGEMENT

Fuzzy logic is one of the most current technologies in the development of systems to control sophisticated and modern processes. With its use, complex requirements can be implemented in simple controllers, easy maintenance and low cost [6].

Civil construction is embedded in a complex and dynamic environment where a wide variety of factors, often unknown, are influential on the goals of organizations and projects. This environment is made even more complex by the need to associate fast and accurate responses in an extremely competitive market.

To reach this demand, tools that aid in risk management have been developed in the literature, and applied in real cases, providing solutions and being incorporated into the management model in order to assist the manager in decision making. These tools should be able to compose systems that identify and analyze these factors, allowing the decision maker to chart ways that avoid risks and promote opportunities.

In order to deal with the uncertain and incomplete data of this scenario, where natural language is also one of the most used variables in the environmental characterization, several of these studies have been incorporating fuzzy logic.

The incredible complexity and dynamism of construction projects has imposed substantial uncertainties and subjectivities in the process of risk analysis. Most problems in risk analysis contain a mix of quantitative and qualitative data. Thus, pure quantitative techniques may be inadequate. The application of a fuzzy-based methodology allows the transformation of linguistic variables and subjective judgment to deal with qualitative data. The fuzzy theory has a great adaptability to diverse environments, and has been adapted to the methods of decision making. These methods include

consideration of multicriteria and alternatives, and input data in the form of linguistic variables [7].

### II. 2 APPLICABILITY OF RFID IN WASTE MANAGEMENT

The automation system can also be used in risk management works that compromise worker safety. Engineers and safety technicians are unable to coordinate all activities 100% of the time of their duration, so most of the time the application of safety standards are on the workers' own account.

In this context, it would be highly interesting to have a system to support the work of these professionals, which would guarantee automatic updating integrated to the work activities, as well as the monitoring of the development of these tasks, providing security professionals with an omniscient and semiautomatic system for construction management in real time. This monitoring can be done by installing an RFID tag on each employee's clothing, which can then be monitored through a wireless sensor system scattered throughout the site at strategic points.

It has already been proven that the use of automation in construction sites provides significant improvements in the material logistics process. A pilot logistics system was implemented in a work of Gafisa in Santos, SP, to try to solve the vertical transportation of materials in the work, which according to the coordinator was one of the bottlenecks of the work in question.

The proposed system requires the materials from this work to arrive on pallets, which are unloaded in a specific area (material dock), where the quantities are checked and a bar code is generated for each pallet containing mailing information (indicates where it will be stored - work, block and floor) [8].

This code must be read by a robust terminal (data collector) both when it is deposited and when it is withdrawn for use, so that it can be tracked at the site. The main objective is to plan the work in order to minimize the movement of materials at the construction site, as well as to concentrate the vertical transportation of materials through the rack, reducing costs with equipment rental and working hours [8].

All of these materials' worksite logistics procedures could be even more efficient with the implementation of RFID technology, which would make it possible to read pallet labels faster, even on the move, and would also ensure the real-time tracking of the pallets in the work, recording its entire trajectory.

In this pilot study of Gafisa was observed the reduction of material consumption of 5 to 20%, basically due to the reduction of movement and retransportation, as well as the elimination of excess stockpiled materials, two activities that can cause damages, increasing the volume of rubble in the work. Cost savings have also been recorded, since the unloading and conferencing of the products is carried out more quickly, with an average time of 15 to 20 minutes recorded, against 5.5 hours spent by the method traditionally used in works [8].

RFID technology can be applied in numerous areas for warehouse control, material and waste tracking, entry and exit control of products, vehicles and people, identification of tools or animals, among others. RFID technology is a premise for process control and management in any industry and has the potential to save the industry [9].

In another study, the use of these construction and demolition wastes (RCD) made it possible to reduce the use of the natural resources used in this process, avoiding future shortages and reducing the amount of waste generated.

The experiments obeyed the norms in force for the use of these materials and their employabilities, since their mechanical resistance must obey the demands made by them.

It can be verified in the experiments that the concrete resistance varied in average 4 Mpa of the conventional concrete, being able to be used for shallow foundations of small structures. The consistency of the concrete with RCD was close to the consistency of the conventional concrete, bearing the trace had good adhesion as to its specific mass.

Due to the absorption rate being greater when compared to the commonly used gravel the concrete with the residue needed a greater addition of water than the usual concrete trait. The use of RCD as a bulk aggregate for concrete met the requirements regarding the standardization of its use [10].

### III. MATERIALS AND METHODS

#### III. 1 DEFINITION OF CONCEPTS AND MAIN RESEARCH PARAMETERS

The first step is to determine the basic concepts that should be explored by the research. Specifically, for the search strategy and for the accomplishment of the bibliographical research it is necessary to define the environment of contextualization, the problematic and the general objective, whose purpose is to enable the definition of the main key concepts. Context analysis, the definition of a problem and the guiding questions begin the process of scientific research, motivating the researchers to seek information about a certain subject on a bibliographic basis [11].

The objective is to fully exploit the potential of existing and available bibliographic databases and the information technology tool for the treatment of these data. As a result, the literature review article will address publications with the following parameters:

- Publications that encourage the use of technologies for the recycling of waste;;
- Publications containing the non-structural concrete manufacturing process;
- Publications that disclose techniques or methods that present the benefits of waste recycling for the manufacture of non-structural concrete.

#### III.2 RESEARCH STRATEGY DEFINITION

Once the search knowledge area is determined, the keywords that will be used to search for references should be chosen. Thus, from these key concepts found, Boolean search logic is used to construct the keyword tree [12].

The strategy of structuring the tree aims to unfold the objectives of the research in keywords, both vertically and horizontally. In the vertical sense, the intention is to establish distinct and complementary thematic areas that allow the research to be comprehensive. In the horizontal sense, the thematic areas are subdivided into several branches, guaranteeing the depth and the specialization of the research. [3].

Using Boolean search logic, where keywords are linked to the "and" and "or" connectors, the researcher must remember that the strategy of using the connectors is very important because it explains the existence of many or few articles found. When the searcher uses the "e" in the linking of the keywords, the search action is restrictive, since the search will only find article when there are keywords connected by "and".

When the searcher uses "or" in the keyword link, the search action is opened because they find articles with at least one of the keywords linked by "or". That way, choosing the connectors and

where to position them in the keyword tree is strategic. Finally, the search mechanisms are defined as the most appropriate to the research theme, according to their relevance and ease of obtaining and processing the data [13].

As a result, this article of bibliographic review was developed through scientific research of Scielo, Scopus, IEEE, Google Scholar, among others, using the keywords: "waste recycling"; "non-structural concrete"; "recycling" + "waste"; "waste recycling" and "non-structural" + "concrete".

#### III.3 METHOD OF ANALYSIS OF RESULTS

The method of analysis of results was delineated according to the flowchart of figure 1:

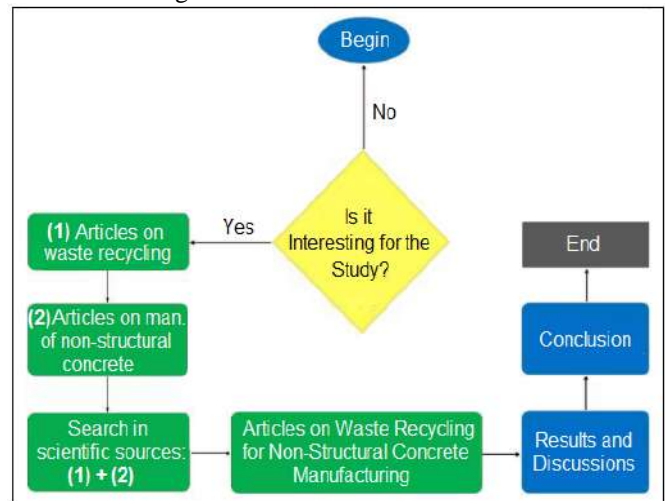


Figure 1 - Flow of the process of obtaining and analyzing the results.

Source: Authors, (2019).

In the first stage of the study, a filter was carried out among the researched articles whose most relevant parameter was the focus of the study: waste recycling and non-structural concrete manufacturing. If the articles met this criterion and were published within 10 years, they would soon be analyzed and quoted in this article.

#### III.4 TYPE OF RESEARCH

In order to respond to the research objectives, the methodological choice was a bibliographical review of the integrative type. The integrative bibliographic review emerged as an alternative to rigorously review and combine studies with different methodologies. It has the potential to promote review studies in several areas of knowledge, maintaining the methodological rigor of systematic reviews [15].

The integrative review method allows the combination of data from the empirical and theoretical literature that can be directed to the definition of concepts, identification of gaps in the areas of studies, review of theories and methodological analysis of the studies on a certain theme 7.

The combination of research with different methods combined in the integrative review extends the possibilities of literature analysis.

### IV. RESULTS AND DISCUSSIONS

Construction Aggregates are materials with random shape and volume holders of suitable dimensions and properties for the preparation of concrete and mortar in civil construction. They have a relatively low cost and this is one reason for their use. The

aggregates with constant employment in construction are sand and gravel.

Through the recycling of concrete it is possible to obtain aggregates with characteristics similar to the original product. The contribution to the environment is great because it stops extracting natural resources, thus reducing the environmental impact.

With the rapid growth of civil construction, waste disposal has become a heinous problem, causing significant environmental impacts, since many of these materials are destined for clandestine landfill, as can be seen in Figure 2:



Figure 2 - Incorrect Waste Disposal.  
Source: [15].

#### IV.1 APPLICABILITY

##### IV.1.1 PAVING

One of the ways to use construction and demolition waste (DRC) is to substitute, in the paving of urban roads, the layers of natural materials, such as the graded stone, by decidedly DRC.

For this layer substitution process to have validity and feasibility, it is indispensable the structural evaluation of the pavements constructed, by means of a survey of deflectionometric measurements with the Benkelman beam. The calibration of this equipment and the correct procedure of the test method are of fundamental importance for the collection with adequate precision of the deflections in the pavements.

The applicability of the residues in the paving requires less use of technology, allows the use of all the mineral components of the debris, energy saving in the process of grinding of the debris, greater efficiency of the residue when added to the soils and saprolíticos in relation to the same addition made with as can be seen in figure 3:



Figure 3 - Applicability of the residues in the paving [12].  
Source: Authors, (2019).

##### IV.1.2 AGGREGATED FOR NON-STRUCTURAL CONCRETE

The main characteristics of the residues and aggregates for concrete technology are: granulometry, water absorption, particle shape and texture, compressive strength and modulus of elasticity.

The knowledge of these characteristics is a requirement for the composition of the concrete traces, after all the granulometry, the porosity or the specific mass, the shape and the texture determine the properties of the concretes in the fresh state.

The porosity and the mineralogical composition affect the compressive strength, the hardness and the modulus of elasticity, influencing in numerous properties of the concrete in the hardened state, as can be seen in figure 4:



Figure 4 - Aggregate for non-structural concrete.  
Source: Authors, (2019).

Among the natural aggregates and recycled aggregates, it can be noted that the main differences are the lower specific mass value, higher value of water absorption rate and a certain amount of mortar adhered to the surfaces of the particles of the recycled aggregate. This directly influences the properties of the concretes produced with the AGR, in the fresh state and in the hardened state [16].

##### IV.1.3 AGGREGATE FOR ARGAMASSA CONFECTION

The recycled aggregates generally present physical characteristics different from those of the natural aggregates, which directly affects the performance of the mortars. However, partial substitutions of the natural aggregates by the recycled ones have performed satisfactorily.

In addition, other advantages of this applicabilide are that they can be processed by equipment called mortars, can be used of the residue at the generator site, which eliminates transport costs, has the pozzolanic effect presented by the crushed waste, contributes with the reduction in the consumption of the cement, of the lime and presents a gain in the compressive strength of the mortars, which can be seen in figure 5:



Figure 5 - Aggregate for the preparation of mortar.  
Source: Authors, (2019).

#### IV.1. 4 OTHER APPLICABILITIES

Residues can still be applied in the massive recycling of fly ash and basic blast furnace slag, calcination of clays and addition of limestone filler, 29% reduction in CO<sub>2</sub> generation and 28% fuel economy.

Another interesting applicability of waste is in road scrapping, void filling in buildings, installation trenches, and landfill reinforcement.

In the literature it is common to observe the use of residues to obtain the active silica, used in addition or partial replacement to the cement, in the concrete production, presenting higher compressive strength, lower porosity, higher resistance to abrasion and chemical corrosion, to other concrete surfaces, better adherence with steel and void filling effect between cement particles ("filer effect").

Steel scrap is another possibility for waste recycling, which is intended for the reinforcement of reinforced concrete, representing an economy in 1997 of around 6 million tons of iron ore, avoiding the generation of around 2.3 million tons of waste and 11 million tonnes of CO<sub>2</sub> [17].



Figure 6 - Scrap recycled through an electric arc.  
Source: Authors, (2019).

#### VI. CONCLUSION

The bibliographic analysis of the waste disposal processes in the civil works resulted in the understanding of the tests, permeability and abrasion, performed with debris prepared for non-structural concrete, corresponding satisfactorily with the requirements of the manufacture of pieces of concrete for be used in surface drainage of roads, where there is no movement of vehicles, such as gutters, construction of guides and blocks of pavement.

According to the literature study, in the event of a control of debris transported to the recycling plants, so that the material with different characteristics does not mix, before passing through the crusher, this material will obtain an aggregate superiority.

In addition to attesting all these factors, the research collaborated indirectly with the improvements related to the environment, demonstrating the alternative of using debris as an aggregate for the production of non-structural concrete.

This practice provides for the use of material provided by the waste recycling plants, which enables increased production, and as a result, the decrease of illegal deposits of construction waste.

Thus, the debris can be used in the fabrication of constructive elements, making the formation and maintenance of the urban infrastructure (gutters, guides and pavement blocks), as

a more economical method, besides contributing to the increase of the quality of life of society.

It is recommended to build recycling centers in the city and municipalities, providing economic advantages, reducing the number of courses with transportation, number of buckets, besides making feasible the use of waste due to the large supply and decrease the daily volume deposited in the landfills.

The study also showed that waste recycling is a sustainable alternative for disposal of debris, drastically reducing the chances of deposition in clandestine sites, helping to relieve pressure on landfills and allowing the reuse of previously discarded materials.

#### VII. THANKS

To the Galileo Institute of Technology and Education of the Amazon (ITEGAM) and to the University Center of the North (UNINORTE), for the support to the research.

#### VIII. REFERENCES

- [1] Olimpio, M. C. Luiz. Modelo Fuzzy para Análise de Riscos em projetos de Edificações. 2017. Disponível em: <[http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/28716/3/2017\\_tcc\\_lcmolimpio.pdf](http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/28716/3/2017_tcc_lcmolimpio.pdf)>. Acessado em 15 Jun 2019.
- [2] Junior, V. V. D.; Ferreira, A. E.; Oliveira, S. C. J. Comparative Analysis for Viability of Paving Between Rubber and Conventional Asphalt. *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications*, vol. 5, Ed. 18, 2019.
- [3] Farias, S. A.; Brito, C. R.; Alencar, D. B.; Reis, M. H. N.; Junior, J. A. B.; Sanches, A. E. Feasibility of using the light steel frame system in civil construction works in the city of Manaus-Amazonas. *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications*, vol. 4, ed. 16, 2018.
- [4] Leite, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/21839> acesso em 20/03/2019.
- [5] Brasil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 2010.
- [6] Klir, J. G.; Floger, A. T. Fuzzy Sets, Uncertainty, and Informations. Prentice Hall, Englewood Cliffs - New Jersey, 1988.
- [7] Zavadska, E. K. et al. Integrated group fuzzy multi-criteria model: Case of facilities management strategy selection. *Expert Systems with Applications*, v. 82, p. 317–331, 2017.
- [8] Tamaki, L. Canteiro com códigos de barras. *Revista Técnica*, n.163, outubro de 2010.
- [9] Oliveira, S. C. J.; Nascimento, R. H. M.; Junior, B. A. J.; Freitas, O. A. C. RFID System Applicability Model for Traceability of Luggage at Airports. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 5(8), pp.120-127.

[10] Santos, M. P.; Jimenez, T. J. I.; Brito, R. C. Analysis of mechanical performance in concrete using as raw material waste of construction and demolition. *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications*. Vol. 4, Ed. 16, 2018.

[11] Tasca, J. E. et al. An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. *Journal of European Industrial Training*, v. 34, n. 7, p. 631-655, 2010. Available in <<http://dx.doi.org/10.1108/03090591011070761>>. Accessed in 25/04/2019.

[12] Jusbrasil. No Brasil, 80% das estradas não são asfaltadas. 2015. Available in <<https://folhapolitica.jusbrasil.com.br/noticias/135832618/no-brasil-80-das-estradas-nao-sao-asfaltadas>>. Accessed in 20/04/2019.

[13] Treintaa, F. T.; Filho, J. R. F.; Sant'Annac, A. P.; Rabelod, L. M. Metodologia de pesquisa bibliográfica com a utilização de método multicritério de apoio à decisão. Available in <[http://www.scielo.br/pdf/prod/2013nahead/aop\\_prod0312.pdf](http://www.scielo.br/pdf/prod/2013nahead/aop_prod0312.pdf)>. Accessed in 09/05/19.143.

[14] Lacerda, R. T. O.; Ensslin, L.; Ensslin, S. R. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. *Gestão & Produção*, v. 19, n. 1, p. 59-78, 2012. Available in: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2012000100005>>. Accessed in 21/04/2019.

[15] Silva, G. ACWEB - Reciclagem de resíduos é alternativa sustentável para destinação de entulhos. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/reciclagem-de-residuos-e-alternativa-sustentavel-pa-ra-destinacao-de-entulhos\\_7628\\_10\\_20](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/reciclagem-de-residuos-e-alternativa-sustentavel-pa-ra-destinacao-de-entulhos_7628_10_20)>. acesso em 15 Mai 2019

[16] Buttler, M. A. Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto - influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia se São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos. 2003.

[17] UFMG. Utilização de resíduos na construção civil. Disponível em: <<http://www.demc.ufmg.br/tec3/residuos%20na%20constru%E7ao%20civil.pdf>>. Acessado em 15 Mai 2019.



## EFFICIENCY INCREASE IN THE AXIS DRIVE PROCESS

Weidson Diego Andrade Soares<sup>1</sup>, Macley Bernardes Batista<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Weidson Diego Andrade Soares, Graduando (a) do curso de Engenharia Mecânica Uninorte Laureate

<sup>2</sup> Macley Bernardes Batista, graduando(a) do curso de Engenharia Mecânica da Uninorte laureate

Email: [weidsonsoares@hotmail.com](mailto:weidsonsoares@hotmail.com)

Received: June 26<sup>th</sup>, 2019

Accepted: August 16<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

The increased efficiency in the drilling process in the secondary axis of transmission axis aims at balancing the secondary axis line and increasing efficiency. The line is composed of eight machines being: Deep Hole CNC Lathe and Hole of Lubrication. which aims to objectify and apply this methodology in the secondary line, such application will be made in the company of Polo Industrial of Manaus with the purpose of improvement and reduction of costs, whose specific objective is to identify, mitigate and eliminate problems of qualities such as: reducing the consumption of tools in the drilling and lubrication process, increase process efficiency and reduce the amount of overtime in the industry.

**Keywords:** Kaizen; Shaft transmission; Efficiency; Stepped drill

### AUMENTO DE EFICIÊNCIA NO PROCESSO DE FURAÇÃO DE EIXO TRANSMISSÃO

#### RESUMO

O aumento de eficiência no processo de furação na linha secundária de Eixo transmissão tem como objetivo o balanceamento da linha de eixo secundário e aumento de eficiência. A linha é composta de oito máquinas sendo: Furo profundo Torno CNC e Furo de lubrificação. que visa objetivar e aplicar esta metodologia na linha secundária, tal aplicação será feita na empresa do Polo Industrial de Manaus com intuito de melhoria e redução de custos, que tem como objetivo específicos identificar, atenuar e eliminar problemas de qualidades como: reduzir o consumo de ferramentas no processo de furo e lubrificação, aumentar a eficiência no processo e reduzir a quantidades de horas extraordinárias no setor.

**Palavras-chave:** Kaizen; Eixo transmissão; Eficiência; Broca escalonada

#### I. INTRODUÇÃO

Temos como base a manufatura enxuta ou lean manufacturing que vai além de uma ferramenta de gerenciamento, se trata de uma filosofia, criada pelo sistema Toyota de produção, com o objetivo de visualizar e atuar nos desperdícios que as empresas apresentam, melhorando a competitividade na indústria produzindo somente o necessário, na quantidade que precisam, com qualidade e no momento certo.

Durante o desenvolvimento deste projeto será abordado assuntos referentes a Lean Manufacturing, ferramentas da qualidade, Kaizen e usinagem. Este projeto visa melhorias de

processo de produção (Kaizen) na linha de eixo transmissão nas furadeiras CNC de processo de furo de lubrificação, devido a problemas como: baixa eficiência na linha Secundária de Eixo Transmissão, aumento nas horas de trabalho (hora extra) e um auto índice na diminuição de qualidade nas peças produzidas pela empresa relacionadas ao furo de lubrificação. Com o propósito de sanar esses problemas será aplicada novas ferramentas na empresa do Polo Industrial líder mundial no segmento de produção de componentes mecânicos para o mercado automotivo de duas e quatro rodas, sendo pioneira na introdução do processo de forjamento no pólo Industrial de Manaus. Este processo é um dos pilares do grupo, cuja tecnologia permite a produção de forjados

com o mínimo de sobre metal para usinagem. O método kaizen que será aplicado na empresa foi direcionado para o Aumento de eficiência no processo de furo de lubrificação, balanceamento da linha e redução dos problemas de qualidade relacionados ao furo deslocado e quebra de broca, assim melhorando a produtividade da linha e garantindo a qualidade do produto.

O objetivo principal é aplicar a metodologia KAIZEN, na linha secundária de eixo de transmissão, da empresa do PIM. Para alcançar tais objetivos será aplicada tal metodologia, buscando os objetivos específicos que no qual serão : atenuar ou eliminar os problemas de qualidade, na linha secundária de eixo de transmissão no processo de furo e lubrificação, diminuir o consumo de ferramentas no processo de furo de lubrificação e aumentar a eficiência do processo e diminuir a quantidade de horas extras.

## II. CONCEITO DE MANUFATURA EXUTA (LEAN MANUFACTURING)

A Produção Enxuta surgiu no Japão, no período pós Segunda Guerra Mundial, cuja proeminente aplicação se deu na *Toyota Motor Company*. Devastado pela guerra, o Japão não dispunha de recursos para realizar altos investimentos necessários para a implantação da produção em massa, que caracterizava o sistema implantado por *Henry Ford e General Motors*. Além disso, no país existiam outras séries de problemas e desafios a serem contornados como: mercado interno limitado e demandando vasta variedade de produtos; mão-de-obra organizada, existência de vários fabricantes de veículos do mundo, interessados em ingressar no Japão, dentre outros.

A partir daí, surgiu a necessidade de se criar um novo modelo gerencial, nascendo, assim, o Sistema Toyota de Produção ou Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*), estruturado por *TAIICHI OHNO*, vice-presidente da *Toyota*. Os objetivos fundamentais deste novo sistema caracterizaram-se por qualidade e flexibilidade do processo, ampliando sua capacidade de produzir e competir no cenário internacional.

O conceito de Manufatura Enxuta se disseminou pelo mundo e várias são as definições desta filosofia, conforme apresentado abaixo:

“A eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; a ideia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida [1].” “A busca de uma tecnologia de produção que utilize a menor quantidade de equipamentos e mão-de-obra para produzir bens sem defeitos no menor tempo possível, com o mínimo de unidades intermediárias, entendendo como desperdício todo e qualquer elemento que não contribua para o atendimento da qualidade, preço ou prazo requeridos pelo cliente. Eliminar todo desperdício através de esforços concentrados da administração, pesquisa e desenvolvimento, produção, distribuição e todos os departamentos da companhia [2].” Um dos conceitos fundamentais da Manufatura Enxuta é a melhoria contínua (chamado de *Kaizen*), considerada a chave do sucesso dos métodos japoneses de produção. O sistema de produção japonês é constituído para encorajar mudanças e aperfeiçoamentos constantes, como parte das operações diárias. Para alcançar o *Kaizen*, a gerência aproveita a experiência coletiva de todos os seus trabalhadores e valoriza a solução de problemas em conjunto. A Produção Enxuta surgiu como um sistema de manufatura cujo foco é otimizar os processos e procedimentos através da redução contínua de desperdícios, como, por exemplo, excesso de inventário entre as estações de trabalho, bem como tempos de espera elevados.

Na visão de [3], “a Produção Enxuta é o resultado da eliminação de sete tipos clássicos de desperdícios, também denominado de perdas, existentes dentro de uma empresa”.

## II.1 AS SETE PERDAS

### II.1.2 PERDA POR PROCESSAMENTO

E processamento que consiste em máquinas ou equipamentos usados de modo inadequado quanto à capacidade ou culpabilidade de desempenhar uma operação.

### II.1.2 PERDA POR MOTIVAÇÃO NAS OPERAÇÕES

Esta perda acontece pela diferença entre trabalho e movimento. Relacionam-se aos movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de uma operação. Por exemplo, é a ação de quem realiza algum tipo de seleção ou procura peças sobre a bancada de trabalho ou qualquer movimento de um membro de time ou máquina o qual não adiciona valor.

### II.1.3 PERDA POR PRODUTOS DEFEITUOSOS OU RETRABALHO

A perda por fabricação de produtos defeituosos é o resultado da geração de produtos com alguma característica de qualidade fora do especificado, e que por isso não satisfaz requisitos de uso. Produzir produtos defeituosos significa desperdiçar materiais, disponibilidade de mão de obra, disponibilidade de equipamentos, movimentação de materiais defeituosos, armazenagem de materiais defeituosos, inspeção de produtos, entre outros.

### II.1.4 PERDA POR ESTOQUE

É a perda sob a forma de estoque de matéria-prima, material em processamento e produto acabado. É o recurso financeiro “aprimorado” no sistema produtivo. Significam desperdícios de investimento e espaço.

### II.1.5 PERDA POR SUPERPRODUÇÃO

A perda por superprodução pode ser por quantidade, que é a produção além do volume programado (sobram peças), ou por antecipação, que é a perda por produzir antes do momento necessário, em que produtos fabricados ficarão estocados aguardando a ocasião de serem consumidos ou processados por etapas posteriores.

### II.1.6 PERDA POR TEMPO DE ESPERA

Este tipo de perda consiste no tempo em que nenhum processamento, transporte ou inspeção é executado. Existem três tipos de perda por espera: no processo, quando ocorre a falta ou atraso na matéria-prima e um lote inteiro fica aguardando a operação da máquina para iniciar sua produção; do lote, quando peças já passaram por determinado processo e tem que esperar todas as outras peças do lote para poder seguir a próxima etapa; e do operador, quando o operário permanece ocioso, assistindo uma máquina em operação.

### II.1.7 PERDA POR TRANSPORTE

São realizados deslocamentos desnecessários ou estoques temporários. Encaradas como desperdícios de tempo e recursos, as atividades de transporte e movimentação devem ser eliminadas ou reduzidas ao máximo, através da elaboração de um arranjo físico adequado, que minimize as distâncias a serem percorridas. Além disso, custos de transporte podem ser reduzidos se o material for entregue no local de uso.

## III. USINAGEM DOS MATERIAIS

A usinagem é reconhecidamente o processo de fabricação mais popular do mundo, transformando em cavacos algo em torno de 10% de toda a produção de metais e empregando dezenas de milhões de pessoas [4].

Como operações de usinagem entendemos aquelas que, ao conferir à peça a forma, ou as dimensões ou o acabamento, ou ainda uma combinação qualquer desses três itens, produzem cavaco. Definimos cavaco, a porção de material da peça retirada pela ferramenta, caracterizando-se por apresentar forma geométrica irregular [5].

### III.1 TORNEAMENTO

Segundo Ferraresi (1977), o torneamento é um processo mecânico de usinagem destinado a obtenção de superfícies de revolução com auxílio de uma ou mais ferramentas. Para tanto, a peça gira em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta se desloca simultaneamente segundo uma trajetória coplanar com o referido eixo [5].

O torneamento utilizado no presente trabalho será o torneamento retilíneo – a ferramenta se deslocando segundo uma trajetória retilínea. Mais especificamente, o torneamento cilíndrico externo, conforme a Figura 01, sendo este um tipo de torneamento retilíneo.

### III.2 GRANDEZAS NO PROCESSO DE USINAGEM

As grandezas envolvidas são padronizadas (ABNT), de modo que os princípios usados nas máquinas e ferramentas permitem obter as superfícies desejadas. A seguir serão apresentadas algumas das grandezas envolvidas no processo de usinagem, de modo a facilitar a compreensão dos conceitos relacionados às diferentes operações de usinagem.

Movimento de corte – ocorre entre a peça e a aresta de corte, e quando ocorre sem o movimento de avanço só retira material da peça em uma única rotação.

Movimento de avanço – ocorre também entre a peça e a aresta de corte, e juntamente com o movimento de corte, possibilita a retirada contínua de material.

Movimento efetivo de corte – é o resultante da composição dos movimentos de corte e de avanço.  $vc$  – segundo Diniz *et al* (2001), é a velocidade tangencial instantânea resultante da rotação da ferramenta em torno da peça, para as operações do tipo torneamento, fresamento ou furação, onde os movimentos de corte e de avanço ocorrem concomitantemente [6].

$$vc = \pi \cdot d \cdot n / 1000 [m/min] \quad (1)$$

Onde:

$d$  = diâmetro da peça (mm)

$n$  = rotação (rpm)

$f$  = avanço (mm)

$f$  – avanço é o percurso de avanço em cada volta ou em cada curso da ferramenta, [5].

$$vf = f \cdot n [mm/min]$$

$vf$  – de acordo com [5], a velocidade de avanço é a velocidade instantânea da ferramenta segundo a direção e sentido de avanço.

$ap$  – profundidade de usinagem ou largura de corte [mm] é a profundidade ou largura de penetração da aresta principal de corte, medida numa direção perpendicular ao plano de trabalho, [5].

$b$  – largura de corte define-se como a largura calculada da seção transversal que será retirada, sendo medida na superfície de corte, numa direção normal à direção do corte.

$h$  – espessura de corte, é a espessura calculada da seção transversal de corte a ser retirada e medida, normalmente, à superfície em usinagem principal e segundo a direção perpendicular à direção de corte [7].

$\alpha$  – ângulo de posição da ferramenta é o ângulo entre o plano de corte da ferramenta e o plano admitido de trabalho, medido sobre o plano de referência da ferramenta. [6]

$\alpha$  – ângulo de folga é o ângulo entre a superfície de folga e o plano de corte da ferramenta [6].

$\gamma$  – ângulo de saída se localiza entre a superfície de saída e o plano de referência da ferramenta [7].

$\beta$  – ângulo de cunha da ferramenta é formado pelas superfícies de saída e de folga [7].

### III.3 FURAÇÃO

A furação, é um processo mecânico de usinagem destinado a obtenção de um furo geralmente cilíndrico numa peça, com auxílio de uma ferramenta multicortante. Para tanto a ferramenta ou a peça se desloca segundo uma trajetória retilínea coincidente ou paralela ao eixo principal da máquina. A furação subdivide-se nas operações:

- **Furação em cheio** – processo de furação destinado a abertura de um furo cilíndrico numa peça, removendo todo o material compreendido no volume do furo final, na forma de cavaco;
- **Furação escalonada** – processo de furação destinado à obtenção de um furo com dois ou mais ferramentas especiais;
- **Escareamento** – processo de furação destinado à abertura de um furo cilíndrico numa peça pré-furada;
- **Furação de centros** – processo de furação destinado à obtenção de furos de centros, visando uma operação posterior na peça;
- **Trepanação** – Processo de furação em que apenas uma parte de material compreendido no volume do furo final é reduzida a cavaco, permanecendo o núcleo maciço;
- **Alargamento** – O alargamento é um processo mecânico destinado ao desbaste ou ao acabamento de furos cilíndricos ou com auxílio de ferramentas multicortantes. Para tanto, a ferramenta ou a peça gira e a ferramenta ou a peça se desloca segundo uma trajetória retilínea, coincidente ou paralela ao eixo de rotação da ferramenta. O alargador pode ser;
- **Alargamento de desbaste** – Processo destinado ao desbaste da parede de um furo cilíndrico ou cônico;

- **Alargamento de acabamento** – Processo de alargamento destinado ao acabamento da parede de um furo cilíndrico ou cônico;

- **Rebaixamento** – O rebaixamento é um processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de uma forma qualquer na extremidade de um furo, neste processo, geralmente a ferramenta gira e desloca-se simultaneamente segundo uma trajetória retilínea, coincidente com o eixo de rotação da ferramenta;

- **Mandrilamento** – O mandrilamento é um processo mecânico de usinagem destinado á obtenção de superfícies de revolução com auxílio de uma ou várias ferramentas de barra. Para tanto a ferramenta gira e se desloca segundo uma trajetória determinada;

- **Mandrilamento cilíndrico** – Processo de mandrilamento no qual a superfície usinada é cônica de revolução, cujo eixo coincide com o eixo em torno do qual a ferramenta gira;

- **Mandrilamento cônico** – Processo de mandrilamento no qual a superfície usinada é cônica de revolução, cujo eixo coincide com o eixo no qual gira a ferramenta;

- **Mandrilamento radial** – Processo de mandrilamento no qual a ferramenta é m

- **Mandrilamento de superfícies especiais** – Processo de mandrilamento no qual a superfície usinada é uma superfície de revolução, diferente das anteriores, cujo eixo coincide com eixo em torno do qual gira a ferramenta. Exemplos: mandrilamento esférico e de sangramento;

Quanto à finalidade, as operações de mandrilamento podem ser classificadas ainda em mandrilamento de desbaste e mandrilamento de acabamento.

#### IV. MISSÃO

Produção e comercialização de conjuntos de transmissão e outros componentes mecânicos para motocicletas.

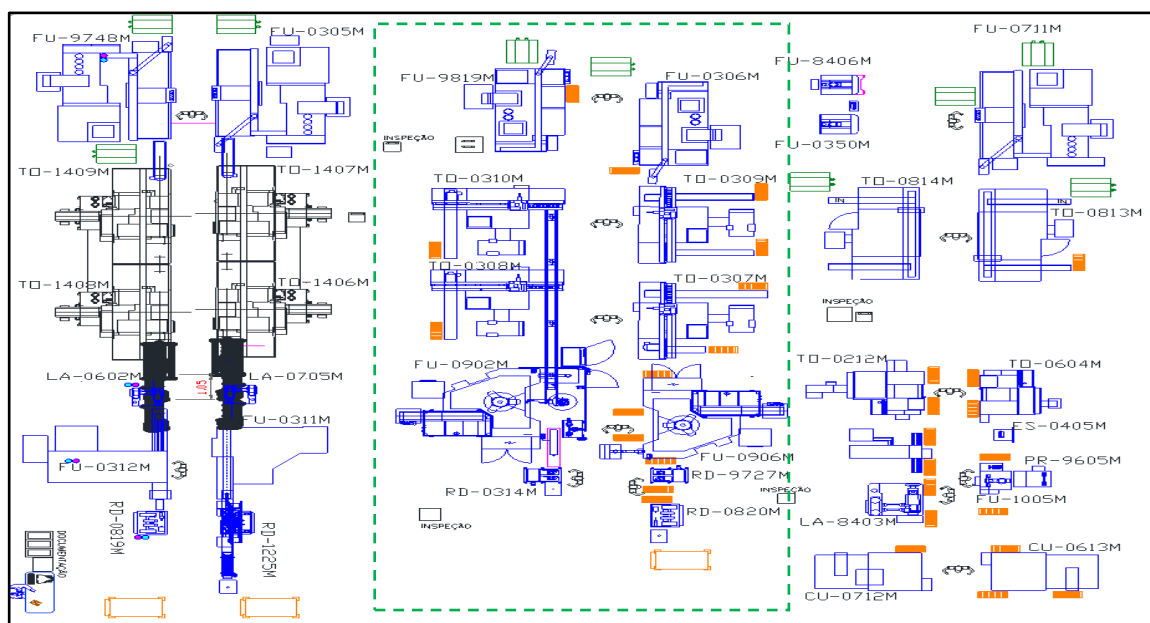


Figura 1 - Layout da linha de Eixo Transmissão.

Fontes: Autores, (2019).

#### IV.1 POLÍTICA DA QUALIDADE

A empresa metalúrgica do pólo de duas rodas, está comprometida em:

Atender aos requisitos aplicáveis: clientes, corporativo, normas, legislações, outros requisitos;  
 Proteger o Meio Ambiente, controlando com responsabilidade as atividades que tem influência, visando a prevenção da poluição;  
 Buscar a melhoria contínua do desempenho do Sistema de Gestão para conquistar a confiança dos clientes, otimizar os processos, otimizar o uso dos recursos naturais, reciclar e reaproveitar os resíduos para evitar impactos ambientais significativos;  
 Desenvolver seus colaboradores para que todos objetivem uma empresa onde a qualidade esteja no mais alto nível para os seus clientes e tornem-se comprometidos com a proteção ao meio ambiente.

#### IV.2 FERRAMENTAS

Para que o Lean Manufacturing consiga atingir os objetivos, é necessário aplicar algumas ferramentas que auxiliarão na obtenção dos resultados. As ferramentas são instrumentos utilizados para implementação de um Sistema de Manufatura Enxuta e aplicação kaizen, que ditam “como” seguir seus princípios. no processo de furo de lubrificação iremos utilizar as ferramentas da qualidade como: Diagrama de causas e efeitos e Gráfico de pareto.

##### IV.2.1 ANÁLISE DE DADOS

A linha de usinagem secundária de Eixo transmissão é composta por oito equipamentos, apresentados na Figura 02, sendo: Furo profundo, Torno CNC, Furo de lubrificação e Rebarba , a mesma encontra-se produzindo em dois turnos e gerando vários problemas de qualidade como:

- Furo deslocado
- Quebra de broca
- Retrabalho de peças
- Horas Extras.

## V. LINHA SECUNDÁRIA DO EIXO TRANSMISSÃO

Analisando os dados do setor da linha secundária do eixo transmissão, pode-se observar um alto índice de peças com

problemas de qualidade referente ao processo de furo de lubrificação como: furo incompleto, furo deslocado, furo obstruído e peças para serem retrabalhadas conforme segue na Figura 03.

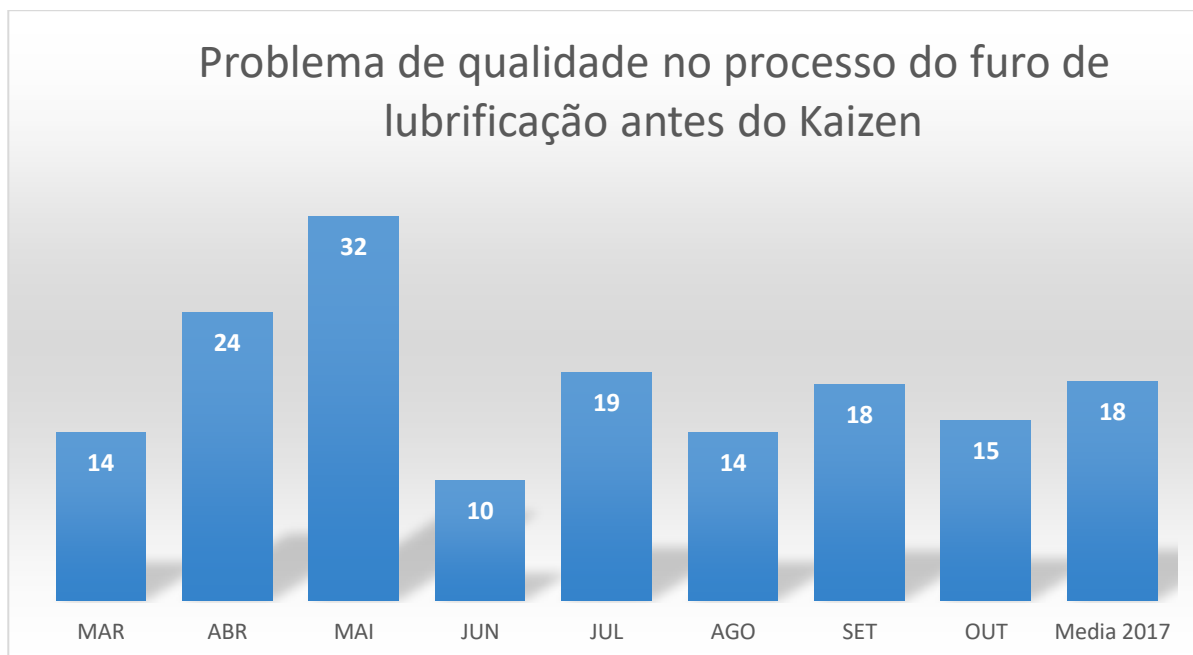


Figura 2 – Problema de qualidade no processo de furo de lubrificação.

Fontes: Autores, (2019).

Através da análise feita na linha de usinagem de eixo transmissão, no processo de furo de lubrificação serão utilizadas as ferramentas da qualidade como: Diagrama de causas e efeitos

e Gráfico de pareto. De acordo, com o diagrama de Ishikawa podemos observar que temos um problema nas máquinas relacionado as ferramentas utilizadas no processo de furo de lubrificação, como mostra a Figura 04.

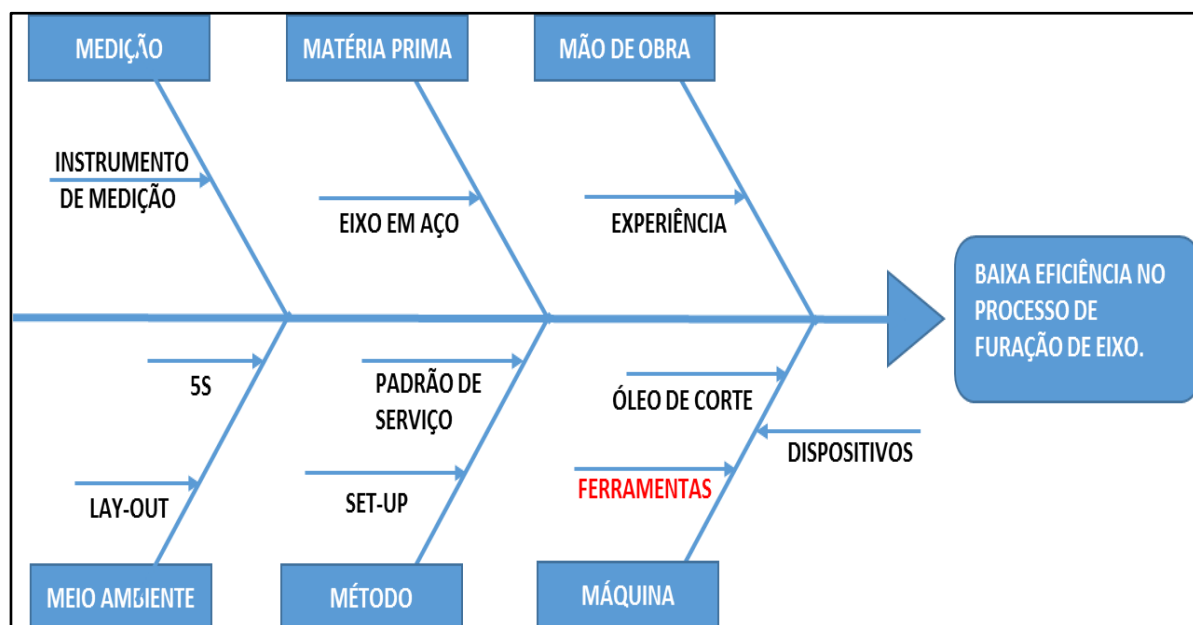


Figura 3 – Diagrama de Ishikawa.

Fontes: Autores, (2019).

Após análise feita na linha de usinagem utilizando a ferramenta da qualidade, Diagrama de causas e efeito (Diagrama de Ishikawa) podemos observar problema referente as

ferramentas utilizadas no processo como, desgaste prematuro e quebra das ferramentas referente ao ano de 2017 como mostra a Figura 06.

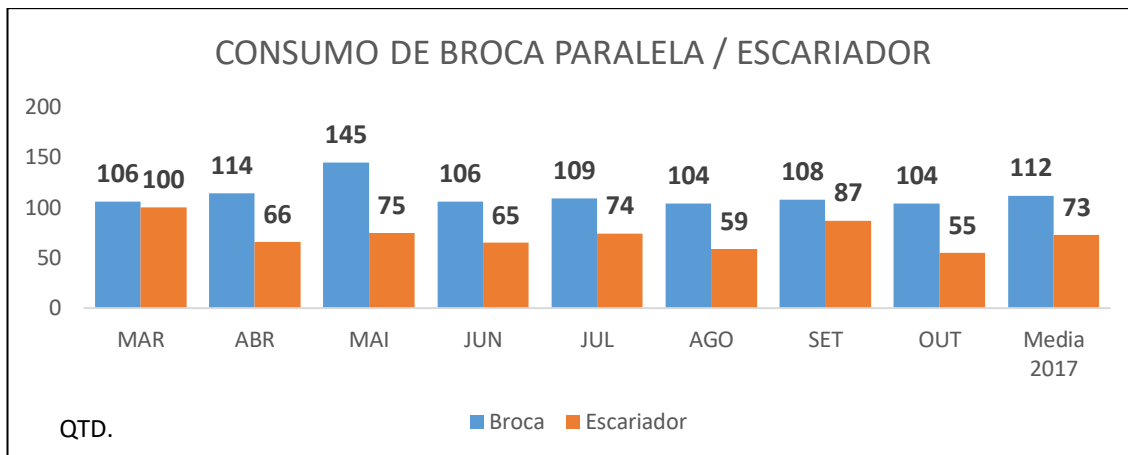


Figura 4 – Consumo de broca paralela e escareador.  
Fontes: Autores, (2019).

Os gráficos apontam a capacidade produtiva mensal referente ao pedido do cliente e a capacidade de atendimento da empresa, o que nos possibilita identificar a necessidade de horas

extras para atender o pedido do cliente, pois a baixa eficiência da linha requer mais horas diárias de trabalho, conforme segue na Figura 5.

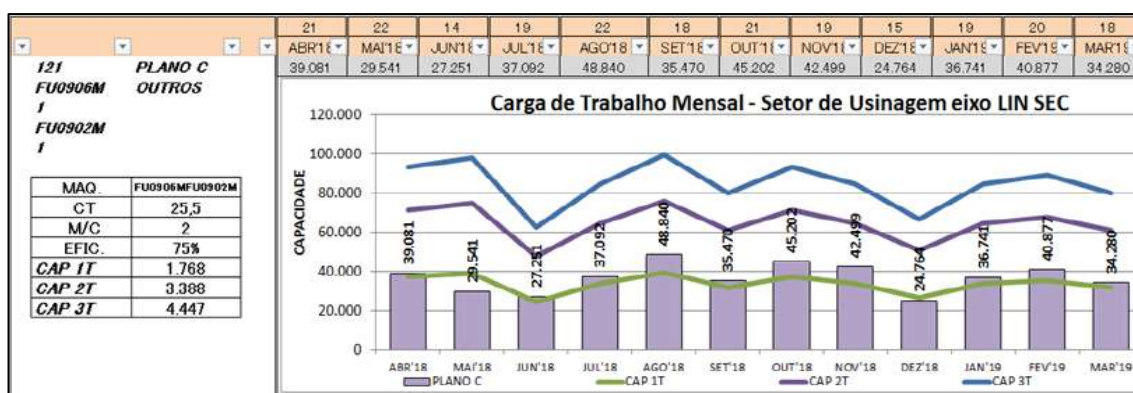


Figura 5 – Gráfico de carga de trabalho mensal da linha.  
Fontes: Autores, (2019).

### VI. APLICAÇÃO DO KAIZEN

Após todas as análises realizadas no setor de eixo transmissão, foi realida a troca das ferramentas conforme programado no cronograma. Foi substituída a broca paralela e escareador apresentadas na Figura 6 por uma broca escalonada de acordo com a Figura 7, a broca escalonada realiza o mesmo processo que a paralela e escareador, assim otimizando o processo de furo de lubrificação.

Com as mudanças realizadas pelo trabalho (substituição da broca paralela e escareador), pode-se observar que não houve aumento no custo peça/ ferramenta, como indica a Figura 8.



Figura 6 – Broca paralela e escareador.  
Fontes: Autores, (2019).

Figura 7 – Broca escalonada.  
Fontes: Autores, (2019).

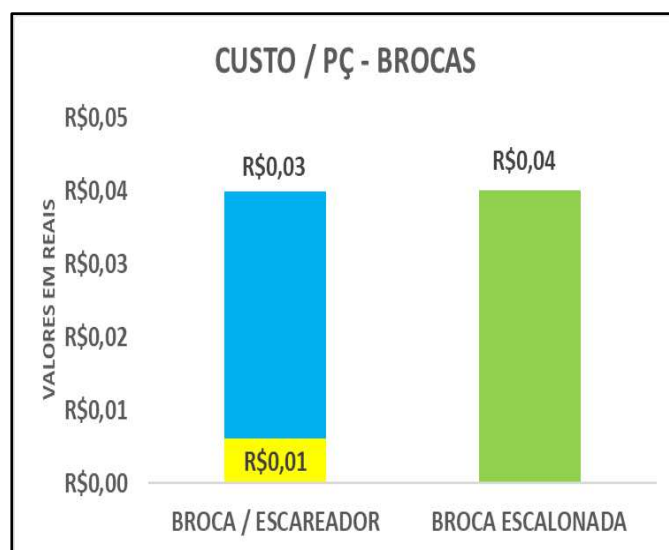


Figura 8 – Gráfico custo peça – brocas.  
Fontes: Autores, (2019).

Em seguida será mostrado os tempos de processo e balanceamento da linha e como pode-se observar a furadeira FU-0902M encontra-se com um tempo elevado conforme a Figura 9.

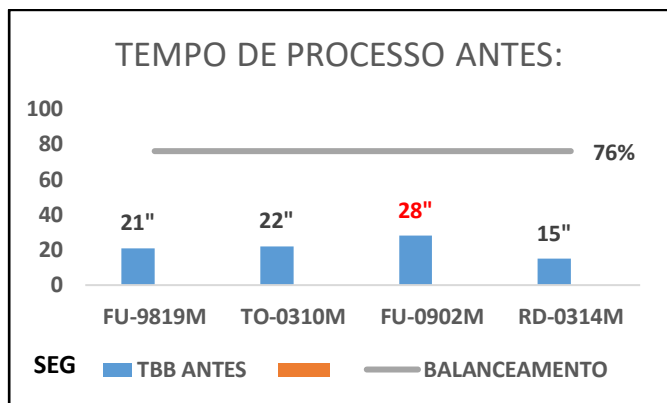


Figura 9 – Tempo de processo de balanceamento da linha.  
Fontes: Autores, (2019).

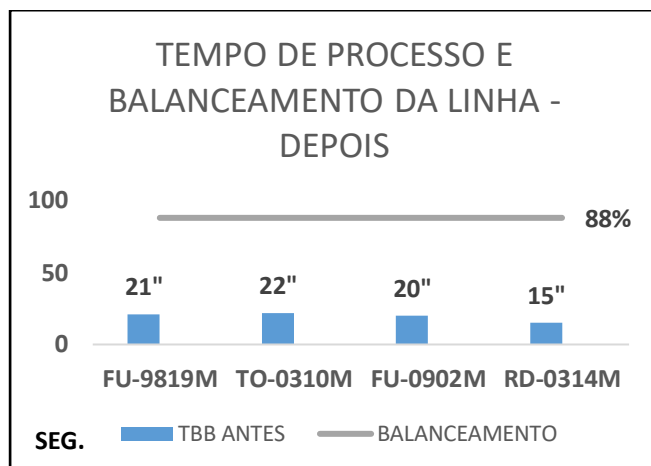


Figura 10 – Tempo de processo de balanceamento da linha após kaizen.  
Fontes: Autores, (2019).

Conforme pode-se observar após a troca das ferramentas obteve-se uma redução no tempo na FU-0902, referente ao processo de usinagem de furo de lubrificação como mostra a Figura 10.

Após, Kaizen realizado no processo de furo de lubrificação na linha de eixo transmissão, pode-se observar um ganho considerável na capacidade produtiva e redução de um turno de trabalho, conforme segue na Figura 15.

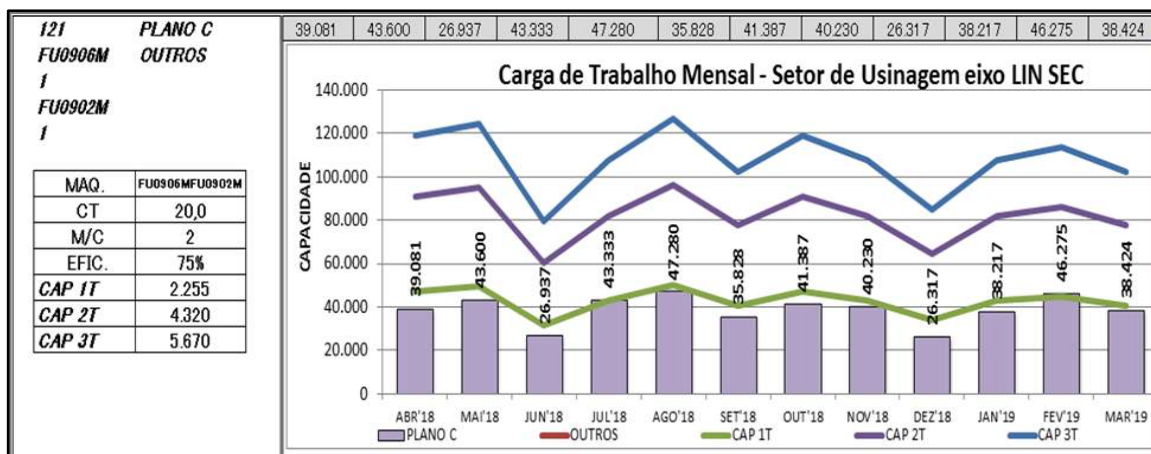


Figura 11 – Gráfico de carga de trabalho mensal da linha.  
Fontes: Autores, (2019).

### VII. GANHO COM KAIZEN

Posteriormente, a realização do Kaizen no processo do furo de lubrificação na linha de eixo transmissão, devido a redução

do tempo de processo que antes era "25,5" segundos como mostrado na Figura 8 para "20" segundos como apresentado na Figura 10, além disso, pode-se observar uma redução de 7,25% no custo da peça conforme demonstrado na Figura 12.

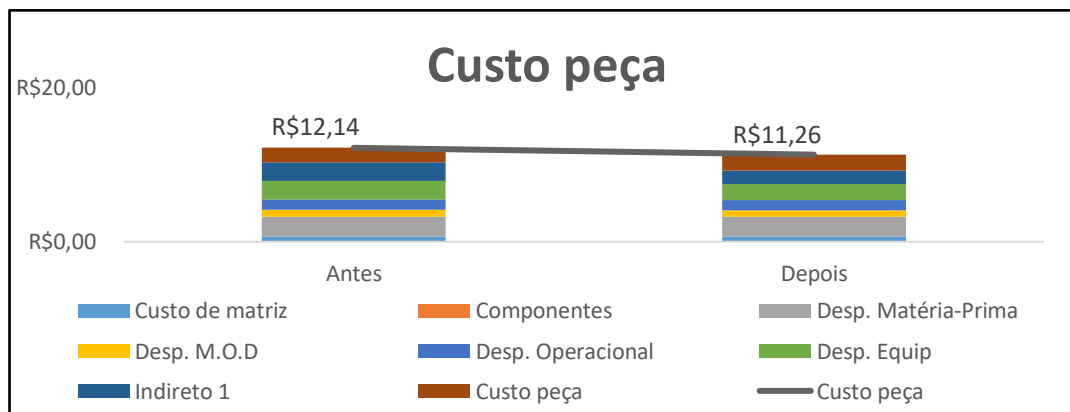


Figura 12 – Gráfico custo peça.  
Fontes: Autores, (2019).

## VIII. CONCLUSÃO

Esse trabalho abordou um estudo no processo produtivo na linha de eixo transmissão nas furadeiras CNC de processo de furo de lubrificação, para tal foram aplicados conceitos e ferramentas de análise e solução de problema (Kaizen) realizado na empresa do PIN. Teve como objetivo apresentar melhorias de processo na linha de eixo transmissão nas furadeiras CNC de processo de furo de lubrificação, devido a problemas de qualidade encontrados na linha Secundária de Eixo Transmissão na qual durante a realização das atividades, devido uso da ferramenta inadequada geravam-se muitas perdas e conseqüentemente a baixa produtividade no processo. Para o levantamento dos dados, foram feitos estudo junto ao processo produtivo, com relação ao índice de perdas e o aumento da eficiência. A finalidade do estudo teve como intuito sanar esses problemas, após uma avaliação feita em loco no chão de fábrica, foi sugerido o teste e troca de novas ferramentas para avaliar o desempenho e o aumento da produtividade da linha a fim de garantir a qualidade do produto e satisfação dos clientes. A proposta foi realizar algumas modificações na linha de produção para avaliar o desempenho, com base nos critérios definidos pela gerência e responsáveis da área, foram estabelecidos as sistemáticas e objetivas para a implementação da melhoria com justificativas de contribuir para a redução das perdas no processo, redução de custos e o aumento da produtividade. Foi sugerido à troca da broca para furadeira e após a implementação da nova sistemática, foi feito um acompanhamento no processo, e como pode ser observado no gráfico (resultados obtidos), foram identificados resultados positivos no aumento da produção e na diminuição das perdas no processo com um ganho R\$ 116 mensais com a troca apenas da ferramenta de uma máquina, já que o equipamento trabalhava em 3 turnos trocando 2 ferramentas/turno. No entanto, as melhorias implementadas no processo produtivo foram eficazes e resultaram em muitos benefícios como redução de custos, redução de mão de obra, ferramenta e conseqüentemente o aumento do lucro para a empresa. Devido aos ótimos resultados obtidos com a implantação do Kaizen no processo de furo de lubrificação na linha de Eixo Transmissão através do ciclo da qualidade o PDCA, está sendo avaliado as possibilidades de aplicar o kaizen em outras linhas de usinagem referente aos processos de furo de lubrificação como uma revisão lateral.

## IX. REFERENCIAS

- [1] Ohno, T. O Sistema Toyota de Produção – além da produção em larga escala. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- [2] Shinohara, I. New Production System: JIT Crossing Industry Boundaries. Productivity Press, 1988.
- [3] Ohno, T. O Sistema Toyota de Produção – além da produção em larga escala. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- [4] Trent, E. M. Metal cutting. 2 ed. Londres: Butterworths & Co., 1984.
- [5] Ferraresi, D. Fundamentos da usinagem dos metais. São Paulo: Edgard Blücher, 796p, 1977.
- [6] Diniz, A. E; Marcondes, F. C; Coppini, N. L. Tecnologia da usinagem dos materiais, 3ª Edição - pp. 13 a 74 – Ed. Artiliber – 2001.
- [7] Machado, A. R.; Abrão, A. M.; Coelho, R. T.; Silva.; Bacci, M. Teoria da Usinagem dos Materiais. 2. Ed. São Paulo: Blucher, 2011.



## ANALYSIS OF THE WATER COLLECTION, TREATMENT AND DISTRIBUTION PROCESS IN BENJAMIN CONSTANT - AM CITY SANITATION COMPANY

Eleodoro Rodriguez Hermenegildo<sup>1</sup>, José Antônio Da Silva Souza<sup>2</sup>, Ricardo Silva Parente<sup>3</sup>, Italo Rodrigo Soares Silva<sup>4</sup>, Jorge de Almeida Brito Júnior<sup>5</sup>, Paulo Francisco da Silva Ribeiro<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Student, University Federal of Pará - UFPA, Manaus, Amazonas, Brazil.

<sup>2</sup>Teacher, University Federal of Pará - UFPA, Manaus, Amazonas, Brazil.

<sup>3,4</sup>Student, University Paulista – UNIP, Manaus, Amazonas, Brazil.

<sup>5,6</sup>Research Department, Institute of Technology and Education Galileo of the Amazon (ITEGAM), Manaus, Amazonas, Brazil.

Email: [eleodoro.rodriguez@hotmail.com](mailto:eleodoro.rodriguez@hotmail.com), [jass@ufpa.br](mailto:jass@ufpa.br), [ricardosilvaparente@gmail.com](mailto:ricardosilvaparente@gmail.com), [italo.computation@gmail.com](mailto:italo.computation@gmail.com), [jorge.brito@itegam.org.br](mailto:jorge.brito@itegam.org.br)

### ABSTRACT

Received: August 13<sup>th</sup>, 2019

Accepted: August 14<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



In recent decades there has been a widespread recognition that water supply systems for human consumption, in addition to complying with legal standards, must present levels of performance that merit the confidence of consumers in the quality that is provided to them. The objective of this work aims to analyze the processes and phases of abstraction, treatment and distribution of water by the municipal sanitation company of Benjamin Constant -AM, in addition to evaluating the economic valuation of water, which is part of the privatization model of basic sanitation services, taking as object of analysis, the characteristics adopted by the responsible COSAMA concessionaire. The methodology consisted in the evaluation of the sanitary conditions, as well as compliance with the accepted legal standards for potability of water for human consumption, based on Portaria n ° 2914/2011 of the Ministry of Health, which establishes potability for public supply. In addition to addressing also the calamity crisis in the year 2015, found in the city. Seeking this, always understand about the importance of water in a global context, such as its economic valuation and public sanitation policies. The results indicated that the concessionaire COSAMA, in the role of supply water abstraction, treatment and distribution, have fulfilled their contracts with the public power in the municipality and performing their services, to meet the social demands, especially in areas with properly registered users showing periodically the analyzes of the treated water.

**Keywords:** Water-Treatment Plants-Amazon, Water-Purification, Water Supply - Economics.

## ANÁLISE DO PROCESSO DE CAPTAÇÃO, TRATAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NA COMPANHIA DE SANEAMENTO DA CIDADE DE BENJAMIN CONSTANT – AM

### RESUMO

Nas últimas décadas tem-se assistido um reconhecimento generalizado de que os sistemas de abastecimento de água para consumo humano, além de satisfazer as normas legais, devem apresentar níveis de desempenho que mereçam a confiança dos consumidores na qualidade que lhes é fornecida. O objetivo deste trabalho visa a analisar os processos e fases de captação, tratamento e distribuição da água pela companhia de saneamento do município de Benjamin Constant – AM, além de avaliar sobre a valoração econômica da água, que se enquadra no modelo de privatização dos serviços de saneamento básico, tomando como objeto de análise, as características adotadas pela concessionária responsável COSAMA. A metodologia consistiu na avaliação das condições hidro sanitárias, além do atendimento aos padrões legais aceitos para potabilidade de água para consumo humano, com base na Portaria n° 2914/2011 do Ministério da Saúde, que estabelece a potabilidade para o abastecimento do público. Além de abordar também sobre a crise de calamidade no ano de 2015, constatada na cidade. Buscando assim, compreender sempre sobre a importância da água em um contexto mundial, como a sua valoração econômica e as políticas públicas de saneamento. Os resultados indicaram que a concessionária COSAMA, no papel de fornecimento captação, tratamento e distribuição de água, têm cumprindo seus contratos junto ao poder público no município e realizando seus serviços, para atender as demandas sociais, principalmente para nas áreas com usuários devidamente cadastrados mostrando periodicamente as análises da água tratada.

**Keywords:** Água-Estações de tratamento-Amazonas, Água-purificação, Abastecimento de água - Aspectos econômicos.

## I. INTRODUÇÃO

Tem-se registrado um acelerado progresso no campo dos estudos ambientais, a partir das últimas décadas, do século passado, sendo descobertas valiosas para o desenvolvimento humano e algumas constatações trágicas do mau uso pelo ser humano a respeito dos recursos naturais, colocados ao alcance e atrelados a sua existência.

O monitoramento da qualidade da água destinada ao consumo humano da população rural torna-se, portanto, imprescindível, principalmente das águas que abastecem vilas e comunidades rurais, as quais possuem maior concentração de pessoas. Isso previne o aparecimento de várias doenças no homem, auxilia o diagnóstico das principais formas de contaminação e indica um conjunto de práticas de manejo dos recursos naturais que possibilitem o controle da poluição e um aumento da qualidade de vida dos usuários dessa água [1].

A água sem tratamento ou a precariedade do saneamento constituem a segunda maior causa mundial de morte infantil. As doenças provocadas pela água obrigam, todo ano, a 443 milhões de crianças ficarem um dia sem ir para a aula, o que equivale a um ano letivo inteiro para todas as crianças de sete anos na Etiópia. Além disso, as infecções parasitárias transmitidas pela água e pelo mau saneamento atrasam o potencial de aprendizagem de mais de 150 milhões de crianças [2].

No entanto, a disponibilidade e o abastecimento da água são fatores determinantes para a saúde, qualidade de vida e desenvolvimento socioeconômico da humanidade desde a antiguidade. Diversas pesquisas arqueológicas apontam projetos de captação e condução de água dos rios e lagos para as cidades, e principalmente, para a irrigação em áreas de cultivo a milhares de anos [3].

O crescimento desordenado de grandes centros urbanos tem causado pressão sobre os recursos hídricos locais, gerando a necessidade de se buscar novas fontes de abastecimento em locais cada vez mais distantes e com maiores investimentos. É importante destacar que antes da mudança de manancial devem ser concentrados esforços no sentido de adequar e ampliar as ETA implantadas, com ênfase para o máximo aproveitamento das unidades existentes [4].

Pesquisas sugerem que as respostas ecológicas e ambientais do meio aquático são imprevisíveis sobre os aspectos qualitativos e temporais, mesmo com a eliminação de todos os pontos de degradação existentes [5].

Sendo assim, a água é um recurso natural indispensável à vida e a toda atividade biológica e também um elemento fundamental para o equilíbrio natural e geodinâmico do planeta.

Água e energia estão sujeitas a pressões de mesma natureza: demográficas, econômicas, sociais e tecnológicas. Nesse contexto, promover a eficiência hidráulica e energética de sistemas de abastecimento de água (SAAs) torna-se um objetivo estratégico para o alcance da sustentabilidade de cidades e nações, uma vez que, na sua maioria, tais sistemas demandam grandes montantes de energia elétrica para bombeamento, ao mesmo tempo em que perdem significativa parcela da água captada durante o processo de disponibilização [6].

Para garantir a integridade químico-física e microbiológica da água, são realizados estudos com o intuito de conhecer as propriedades da mesma e verificar sua potabilidade [7]. Uma vez que é de responsabilidade do Órgão que administra o abastecimento de água no município, garantir o controle a distribuição do recurso hídrico às residências e demais estabelecimentos.

Apesar da complexidade do abastecimento de água na microrregião, devido às peculiaridades ambientais, urbanização desordenada, dificuldades financeiras e socioculturais, torna-se necessária uma abordagem transdisciplinar que possibilite a efetivação de políticas de uso e gestão concisas, capaz de propiciar equidade no acesso à água e, conseqüentemente melhorar as condições de vida de todos os cidadãos [8].

Por isso, caracteriza-se pelo recurso de que o homem necessita para satisfazer as suas necessidades de base. A água não é substituível. A água foi única e sempre será.

Portanto, este trabalho irá apresentar as etapas de captação, tratamento e distribuição da água, realizada pela estação de tratamento, visando abordar o município de Benjamin Constant - AM, sendo a concessionária COSAMA responsável sobre os serviços prestados no município.

Bem como citar sobre o ocorrido no ano de 2015, quando a cidade decretou calamidade pública, pela falta e necessidade de saneamento básico, devido às cheias que o Estado sofreu.

O presente artigo apresenta o processo de captação, tratamento e distribuição de água, no Município de Benjamin Constant - AM, distribuída pela concessionária COSAMA, por meio da Identificação das fases do funcionamento do sistema de captação de água, tratamento e distribuição dos equipamentos utilizados no processo, em conjunto com a análise dos resultados da pesquisa avaliando os serviços prestados de captação, tratamento e distribuição de água disponibilizados pela concessionária COSAMA para a população. Demonstrar os resultados da pesquisa aplicada na concessionária COSAMA, apresentando os benefícios alcançados após a aplicação do estudo de caso é um dos objetivos deste trabalho.

## II. REVISÃO DA LITERATURA

### II.1 ÁGUA PLUVIAL

Nosso planeta onde vivemos, encontra-se coberto por mais de dois terços de água e muitas vezes o apelidamos de planeta azul. O acesso à água não é uma questão de escolha. Todos os seres humanos dependem deste precioso líquido para viver. A água deverá, pois, ser encarada como um fator de união entre os homens e não como o móbil para disputas e atritos.

Apesar da elevada disponibilidade de água, a situação dos recursos hídricos no Brasil não é nada confortável. Mais de 70% da água que passa no território brasileiro está localizada na bacia do Rio Amazonas, onde vivem somente cerca de 5% da população brasileira, sobrando apenas 30% para o restante do território brasileiro, onde vivem aproximadamente 95% da população [9].

A água constitui-se um dos recursos mais importantes para o progresso da sociedade contemporânea. Pois nenhuma sociedade pode viver e se evoluir sem o abastecimento de água, que permite que seus habitantes se reproduzam de modo saudável e confortável e, conseqüentemente, contribuindo também para o desenvolvimento da economia.

No Brasil, até aproximadamente 20 anos atrás existiam poucas experiências de aproveitamento de água pluvial. Hoje, já existe no país a Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva, que é responsável por divulgar estudos e pesquisas, reunir equipamentos, instrumentos e serviços sobre o assunto [10].

A escassez e a má utilização dos recursos hídricos conduziram a que a ONU considerasse a água o principal tema do Século XXI, e declarasse o ano de 2003 o Ano Internacional da Água Doce.

Sendo assim, o abastecimento público, é o processo mais adequado de suprimento de água para toda população, principalmente em áreas urbanas e suburbanas, pois a concessionária deve preencher todos os requisitos de potabilidade da água. No Brasil, a Portaria do Ministério da Saúde nº 518/2004, descreve os procedimentos e responsabilidades ao controle e vigilância da qualidade da água, ideal para o consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Porem a Portaria de Consolidação de Leis em Saúde Nº 5 de 28/09/2017 na página 18, cap. 5, artigo 128, seção I e II, aprova as normas e padrões sobre fluoretação da água dos sistemas públicos de abastecimento, destinada ao consumo humano.

## II.2 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO

Como definição o sistema de abastecimento público de água constitui-se no conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a produzir e distribuir água a uma comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população, para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos [11].

Para [12], os sistemas de abastecimento de água são projetados para proporcionar o fornecimento contínuo de água com qualidade satisfatória e pressão suficiente a todos os consumidores.

De acordo com [13], o sistema de abastecimento de água pode ser variável de acordo com a concepção da cidade, em função do seu porte, topografia e a posição que se encontra em relação aos mananciais, rios, etc.

Segundo informações da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal [14], um Sistema de Abastecimento de Água (SAA) é composto por diversas unidades:

### a) Mananciais:

Segundo [15] são locais que fornecem o abastecimento de água para a população, estes locais podem ser constituídos de uma fonte subterrânea ou superficial, sendo que estas fontes devem ser suficientes para atender a demanda de projeto imposta pelo município.

Essa fonte deve fornecer vazão suficiente para atender a demanda de água em um período de projeto, e a qualidade dessa água deve ser adequada com as normas sanitárias, previsto que são as concessionárias de abastecimento de água que devem regularizar e fornecer água com qualidade.

### b) Captação:

É o conjunto de equipamentos e instalações utilizadas para a retirada de água do manancial, fontes da água captada dos rios, barragens, lagos e poços subterrâneos;

De acordo com [16] a captação da água (bruta) nos mananciais é uma atividade prescrita e regulamentada por lei. Essa atividade é descrita e depende da outorga de direito de uso da água, concedida pelos órgãos públicos responsáveis, em âmbito estadual ou federal. Em se tratando do direito de uso da água, ou seja, dos recursos hídricos de domínio da União, é regulamentada pela Agência Nacional de Águas (ANA), como está previsto pela Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.

Segundo [15], é necessário uma série de projetos e obras para conseguir retirar água de um local. Para que se tenha captação de água dos mananciais de superfície, as obras devem ser de proporções de acordo com o porte do manancial, considerando a topografia e geologia do local, assim como a qualidade e a variação do nível de água. As obras que compõem o sistema de captação devem fornecer condições de fácil entrada da água e assegurar a melhor qualidade possível.

Após o processo de captação, a água é conduzida através de adutoras até a estação de tratamento. A adução deve ser feita por tubulações sob pressão ou por canais constituídos pela condução de escoamento livre da água, considerando a topografia do local. É nas estações de tratamento, que é realizado todos os procedimentos para tornar a água potável para o consumo humano. [16].

A captação da água de superfície pode ser feita sobre cinco tipos:

Captação por meio de reservatórios de regularização de vazão com a prioridade de abastecimento público de água;

Captação com barragem de regularização de nível de água;

Captações não convencionais;

Captação em reservatórios ou lagos de usos múltiplos;

Captação direta ou a fio de água.

## II.3 TRATAMENTO

Segundo a NBR 12216, uma ETA é composta de um conjunto de unidades que tem como objetivo, produzir uma água com padrões adequados de potabilidade.

O sistema de tratamento da água tem a finalidade de redução de impurezas presentes na mesma, tornando-a potável para o consumo. Sendo que o tratamento da água é realizado conforme a qualidade da água bruta retirada do manancial, podendo ser um tratamento com maior, ou menor complexidade.

Para [17], um sistema de tratamento convencional, ocorre segundo as etapas de:

a) Pré cloração: adição de agente oxidante (cloro) na água bruta, para combater algas e reduzir matéria orgânica;

b) Coagulação: Adição de coagulante, visando desestabilizar impurezas presentes na água e facilitar o aumento do tamanho das mesmas na etapa de floculação;

c) Floculação: Agitação da água realizada após a coagulação, com o objetivo de promover o contato entre as impurezas e, assim, aumentar o tamanho das mesmas moléculas da água por tanques, no fundo dos quais as impurezas;

d) Decantação: Passagem da água por tanques, no fundo dos quais as impurezas ficam depositadas;

e) Filtração: Remoção de material particulado e compostos orgânicos e inorgânicos indesejáveis, presentes na água. Os filtros geralmente são compostos por areia e carvão ativado;

f) Desinfecção e fluoretação: Processo destinado a inativar microrganismos patogênicos presentes na água, geralmente através da adição de cloro para manter a qualidade da água na distribuição e adição de compostos contendo o íon fluoreto, com a finalidade de combater a cárie infantil.

As águas de superfície são as que mais necessitam de tratamento, porque se apresentam com qualidades físicas e bacteriológicas impróprias, com exceção das águas de nascentes que com uma simples proteção das cabeceiras e cloração, podem ser muitas vezes consumidas sem perigo [11].

Embora seja comum se dizer que do ponto de vista técnico pode-se potabilizar qualquer tipo de água, os riscos sanitários e os custos envolvidos no tratamento de águas contaminadas podem ser muito elevados, exigindo o emprego de técnicas cada vez mais custosas e sofisticadas, motivo pelo qual devem ser priorizadas ações de proteção dos mananciais [10].

A Figura 1 mostra o fluxograma de Estação de tratamento de água completo, mostrando as etapas e os produtos químicos adicionados no processo.

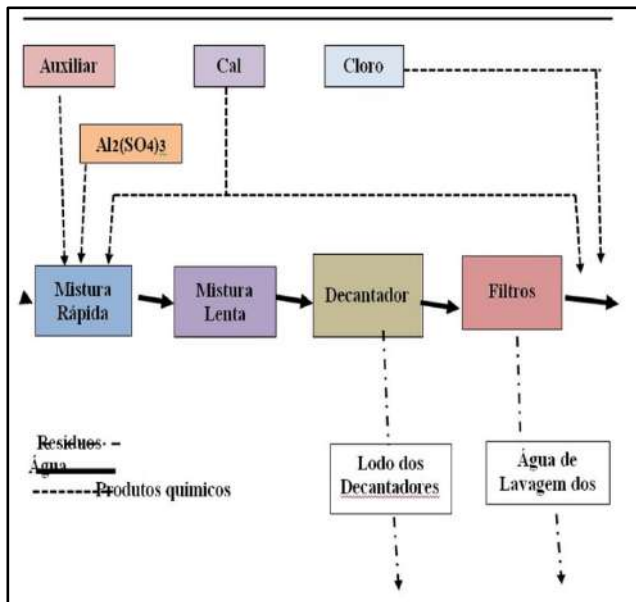


Figura 1 - Fluxograma de uma ETA convencional.  
Fonte: [17].

## II.4 SANEAMENTO BÁSICO

A busca inconstante por respostas sobre as questões que envolvem o acesso e a disponibilidade da distribuição da água tem implicado sobre a forma de compreender e valorizar este recurso tão importante para a vida.

O juízo de valores está interligado com a educação no desenvolvimento sobre a consciência de conscientização ambiental, sobre os impactos que a humanidade causa ao meio ambiente, buscando assim, alternativas para equilibrar o uso deste recurso tão precioso, que é a água. A modificação dos costumes, sobre a racionalização de desperdícios e os usos indevidos da água, são exemplos para uma base de valorização. Sendo que esta ideia reflete diretamente na economia e na qualidade deste bem.

Outra forma de valorização está ligada a bases econômicas, como o controle do consumo da água, por meio das tarifas (preços). Assim, a água é considerada como um recurso econômico e defendida principalmente pelos métodos neoliberais.

De acordo com [18], a “economia neoclássica despreza, em seu formalismo, elementos relevantes da economia social (...)”, sendo responsável pela determinação dos custos e sobre a influência dos comportamentos de mercado.

A valorização da economia de água é a política de saneamento básico que mais tem sido enfatizada, sendo assim, as medidas que relacionam a cobrança pela água, têm a transferência dos serviços de gestão as empresas privadas, as quais tem recebido maior atenção.

Contudo, a valorização da economia da água, não está associada somente a viabilidade dos investimentos, mas também a garantia sobre a qualidade e quantidade de água e a sua ampliação ao acesso para toda a população e ampliação do capital privado.

Em relação ao interesse privado na obtenção da água, os grupos transnacionais têm expandido o território, quanto à atuação da prestação dos serviços de infraestrutura e se dedicado as atividades relacionadas à água.

## III. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e métodos deste estudo de caso analisado, trata-se sobre a captação, tratamento e distribuição da água, pela concessionária COSAMA, no município de Benjamin Constant do Estado do Amazonas.

O município se estende por 8.695,392 Km<sup>2</sup> e contava com 41.329 habitantes no último censo.

Os municípios vizinhos de Tabatinga e Atalaia do Norte, Benjamin Constant, se situam a 18 km a Sul-Oeste de Tabatinga sendo a maior cidade nos arredores.

O município de Benjamin Constant (Figura 2) situa-se a 83 metros de altitude, de Benjamin Constant tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 4° 23' 0" Sul, Longitude: 70° 1' 53" Oeste.

A presente pesquisa foi realizada na cidade de Benjamin Constant, município do interior do estado do Amazonas, localizada na microrregião ao alto Solimões, na mesma região do Sudoeste Amazonense, distante de Manaus 1.118km em linha reta, sendo que a distância via transporte fluvial é de 1.638km, subindo o rio Solimões e o rio Javari. Benjamin Constant limita-se com os municípios de Tabatinga, São Paulo de Olivença, Ipixuna, Eirunepé, Jutai.

Segundo dados do IBGE, a cidade apresenta 12,3% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, sendo cerca de 12,8% de domicílios na zona urbanas em vias públicas com arborização e 6,6% dos domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada.

O abastecimento público de água compõe um dos serviços do tema saneamento básico. É o conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde, melhorar a qualidade de vida da população e à produtividade do indivíduo. A Constituição Federal de 1988 afirma no inciso IX do art. 23 que é competência comum dos três níveis de governo promover melhorias das condições de saneamento básico à população. O mesmo diploma legal, no inciso VI, do art. 200, estabelece como competência do SUS, dentre outras atribuições, a fiscalização e inspeção de águas para o consumo humano [10].



Figura 2 - A localização do município de Benjamin Constant -AM no mapa.

Fonte: [10].

A concessionária responsável pelo tratamento e abastecimento de água no município é a Companhia de Saneamento do Amazonas [10].

No Amazonas foi criada em 1969 a Companhia de Saneamento do Amazonas (Lei Estadual nº 892, 13/11/1969), para a execução, operação, manutenção e exploração dos sistemas de abastecimento de água e esgotos sanitários da cidade de Manaus e das sedes municipais [10].

Acerca das concessões a COSAMA, informou na Carta Nº 369/2015 – DP que as mesmas não estão totalmente oficializadas. Em Benjamin Constant, o convênio de outorga de concessão dos serviços, firmado em 1974 por um prazo de 30 anos, expirou em 2004 e está a 11 anos vencido [10].



Na Figura 5 apresenta os resultados década análise realizada na qualidade da água pelo sistema operados da COSAMA de diferentes municípios em julho de 2018, em destaque em amarelo o município de Benjamin – AM.

### III.1 ESTADO DE CALAMIDADE PÚBLICA EM BENJAMIN C.– AM 2015

Defesa Civil Nacional reconhece estado de calamidade pública em 2015 no município de Benjamin Constant (AM):

A Prefeitura de Benjamin Constant aguardou por homologação do Governo do Estado do decreto de Estado de Calamidade Pública no município devido a face da cheia que atingiu cerca de um terço da área urbana e 49 comunidades rurais.

Em 14 de Maio de 2015, o decreto declarou Estado de Calamidade Pública pela prefeita atuante na época. O Rio Solimões subiu em um nível de 13,77 metros, caracterizando a segunda maior enchente registrada nos últimos 16 anos. Faltou apenas cinco centímetros para bater a marca de maior cheia já registrada no ano de 1999, quando o nível das águas alcançou 13,82 metros.

O decreto de Estado de Calamidade Pública tem por base, reconhecer os agravamentos causados, como: os danos humanos, materiais, ambientais e prejuízos econômicos públicos e privados.

A inundações no município atingiu 2.000 famílias totalizando 12.185 pessoas. E o avanço das águas atingiu 33 instalações públicas dos quais 16 escolas (duas na área urbana e 14 nas comunidades rurais), três Unidades Básicas de Saúde, Mercado Municipal, Feira do Produtor, Porto Fluvial, 52 estabelecimentos comerciais dentre outras instalações.

O Estado de Calamidade decretado, por processo da defesa civil nacional, reconheceu como a emenda:

a) Situação de emergência, causada por situação anormal, devido ao desastre, com danos e prejuízos que implicam no comprometimento parcial da capacidade de resposta do poder público;

b) O reconhecimento da situação de emergência do município, ou do estado de calamidade pública, por meio de portaria da Defesa Civil Nacional, permite ao estado, Distrito Federal ou município, solicitar recursos da União para ações de socorro, assistência às vítimas, restabelecimento de serviços essenciais e reconstrução do município;

c) Para solicitar tais recursos, o município teve de manter um plano detalhado de respostas indicando qual é a necessidade para o repasse. É importante que o município tenha aderido ao cartão de pagamento de defesa civil, como forma exclusiva para os repasses de verbas, e que poderia ser acompanhado pelo Portal da Transparência.

### IV. CONCLUSÕES

Com a pesquisa foi identificado que a concessionária COSAMA, no papel de fornecimento captação, tratamento e distribuição de água, têm cumprindo seus contratos junto ao poder público no município e realizando seus serviços, para atender as demandas sociais, principalmente para nas áreas com usuários devidamente cadastrados. Sendo que a diminuição do percentual de desperdício de água está relacionada diretamente com o crescimento da populacional, onde são implantadas novas instalações de malhas de dutos, com materiais de qualidade e durabilidade, diminuindo a perda de recurso hídrico. Mas o problema devido às redes e malhas de dutos antigos, que não são substituídos, e do avanço urbano desordenado, crescimento das comunidades, que além de aumentarem o desperdício de recursos hídricos, resulta em problemas de abastecimento, decorrente das

demandas não programadas. A COSAMA pode ser considerada socialmente responsável, já que oferece a seus usuários uma água de qualidade. Diante disso, e de todo exposto no trabalho, com os questionários realizados e os dos fatores e etapas apresentadas do plano de tratamento, conclui-se que as políticas públicas de gestão dos recursos hídricos precisam ser eficazes, bem como a fiscalização dos órgãos competentes responsáveis e também da sociedade civil, visando à preservação e o uso consciente desse bem que é essencial para desenvolvimento humano e da nação, ou seja, a água que a cada dia está se tornando escasso em decorrência as mudanças globais que estão acontecendo rapidamente.

### V. AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial ao Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia - ITEGAM pelo suporte técnico, científico e colaboração dos membros do instituto.

### VI. REFERENCIAS

- [1] Gonçalves, C. S. Qualidade de águas superficiais na micro bacia hidrográfica do arroio Lino Nova Boêmia – Agudo – RS. 2003. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- [2] Programa das Nações Unidas para O Desenvolvimento (PNUD). Relatório do Desenvolvimento Humano 2006. A água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água. New York, 10017, USA. 1101p.
- [3] Martins M.; Riveiro, M. do C. Gestão e uso da água em Bracara augusta. Uma abordagem preliminar. Martins eat al. (Org.). Caminho da água: Paisagem e usos na longa duração, p. 9-49, 2012.
- [4] Agência Nacional de Águas (ANA). Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 28/07/18.
- [5] Reynolds, C., Dokulil, M., Padisak, J. (2000). Understanding the assembly of phytoplankton in relation to the trophic spectrum: Where the we now? *Hidrobiologia* n.424, p. 147 – 152. 2000.
- [6] Ricardo, Mateus Nogueira Vilanova. Desenvolvimento e avaliação de indicadores de eficiência hidráulica e energética para sistemas de abastecimento de água como ferramenta de suporte à tomada de decisões - SP, 31p. Dissertação de Doutorado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.
- [7] Vasconcelos. Ana Sofia Barbosa de. Estudo da qualidade da água do Rio Ave: relevância da relação entre indicadores microbiológicos, macro invertebrados e parâmetros físico-químicos. 2015. 205 f. Tese (Mestrado em Biologia e Gestão da Qualidade da Água). Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, 2015.
- [8] Giatti, Leandro Luís. Reflexões sobre Água de Abastecimento e Saúde Pública: um estudo de caso na Amazônia Brasileira. *Saúde e Sociedade*, v. 16, n. 1, p. 134-144, 2007.
- [9] Castro, C.N. Gestão das águas: experiência internacional e brasileira. IPEA. Brasília, 2012. ISSN 14415-4765. Disponível em [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/110588/1132/1/DT\\_1744.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/110588/1132/1/DT_1744.pdf). Acesso em 11-08-2018.

[10] Hermenegildo, E. R. Análise do processo de captação, tratamento e distribuição de água na companhia de saneamento da cidade de Benjamin Constant – AM, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará - UFPA, BELÉM-PA, 2018.

[11] Funasa - Fundação Nacional de Saúde. 4 edições – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006 núcleo de editoração e mídias de rede / Ascom/Presi/Funasa/MS.

[12] Santos, L. P. S.; Soares, A. K.; Silva, S. S. Eficiência hidroenergética em sistemas de distribuição de água: uma discussão teórica, p. 383-392. In: Anais do XIV Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental. Blucher Engineering Proceedings v.3 n.2. São Paulo: Blucher, 2016. ISSN 2357-7592, DOI 10.5151/engpro-eneeamb2016-rh-0154842.

[13] Tsutiya, Milton Tomoyuki. Gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento: nível 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). – Salvador: ReCESA, 2008.

[14] ADASA Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. Disponível em: Acesso em 12 de novembro de 2018.

[15] Girol, Guilherme Violato. Análise de perdas reais em um setor do sistema de abastecimento de água no município de capinzal – SC: formação. 2008. 62 f. Monografia (formação Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Capinzal, 2008.

[16] Tarso, Saulo; Pimentel, Heber. Macromedição. 3 ed. Parafba, 197 p., 2009.

[17] Oliveira, Cristiane Fernandes de. Água e Saneamento básico: A atuação do grupo Suez em Limeira e Manaus. São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2007. 233 p. (Tese de Doutorado em Ciências - Geografia Humana).

[18] Martins, R. C. E Valencio, N. F. L. da S. A concretude da moderna crise socioambiental. In: Martins, R. C. e Valencio, N. F. L. da S. (Orgs.) Uso e Gestão dos Recursos Hídricos no Brasi: desafios teóricos e político-institucionais. São Carlos: RiMa, 2003. p.21-34.

## THE TECHNICAL FEASIBILITY OF THE USE OF RUBBER CHIPS IN THE PRODUCTION OF PERMEABLE CONCRETE FOR URBAN PAVING – CASE STUDY

Raimundo de Oliveira Monteiro Junior<sup>1</sup>, Murilo Ferreira dos Santos<sup>2</sup>, Matheus Santos Freitas<sup>3</sup>, Darlei dos Anjos Lavor<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup> Centro Universitário do Norte (UNINORTE). Manaus-AM.

<sup>2</sup> Instituto de Ensino Superior Blauro Cardoso de Mattos (FASERRA). Manaus-AM.

<sup>3</sup> Instituto Brasileiro de Educação Continuada (INBEC). Manaus-AM.

Email: [junior18\\_stm@hotmail.com](mailto:junior18_stm@hotmail.com); [mullasantos@gmail.com](mailto:mullasantos@gmail.com); [matheuseng89@gmail.com](mailto:matheuseng89@gmail.com); [darleilavor27@gmail.com](mailto:darleilavor27@gmail.com)

Received: August 19<sup>th</sup>, 2019

Accepted: August 22<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

The accumulation of solid wastes that add up to other types of wastes makes the environment more and more limited, with limited space due to its useful life. Given this fact, this research gives rise to the technical feasibility of using tire tube rubber associated with permeable concrete for use in urban paving. The goal is to develop a dosage from which this new material will come to commercial use both in the form of blocks, pavers, among other materials. The reference trait was used through the characterization of the materials and the dosage of 1:4 (cement:gravel 0) was determined, with a water/cement factor (a/c) of 0,32. The replacement of gravel by rubber chips was 50% making the dosage like this: 1:2:2:0.32. The average mechanical strength of the reference line was 27,2 MPa and the dosage with rubber chips was 25,5 MPa. Although the resistance has been limited to what was determined in the dosage (25 MPa), the feasibility of using this material meets the requirements of NBR 9781, and can be used in environments with light demand, such as sidewalks, squares and bike paths. Therefore, the previous analyzes of the water filtered by the specimen were positive regarding the pH, acidity and alkalinity characteristics and returned to the environment without contamination.

**Keywords:** Eraser. Permeable Concrete. Environment.

## A VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE LASCAS DE BORRACHA NA PRODUÇÃO DE CONCRETO PERMEÁVEL PARA PAVIMENTAÇÃO URBANA – ESTUDO DE CASO

### RESUMO

O acúmulo de resíduos sólidos que se agregam aos outros tipos de resíduos tornam o meio ambiente cada vez mais, com um espaço limitado devido o seu tempo de vida útil. Diante desse fato, esta pesquisa enseja a viabilidade técnica do uso da borracha das câmaras de ar para pneus associado ao concreto permeável para o uso em pavimentação urbana. O objetivo é desenvolver uma dosagem do qual esse novo material venha ao uso comercial tanto em forma de blocos, pavers, dentre outros materiais. Foi empregado o traço de referência através das caracterizações dos materiais e determinado a dosagem de 1:4 (cimento:brita 0), com o fator água/cimento (a/c) de 0,32. A substituição da brita pelas lascas de borracha foram de 50% tornando a dosagem assim: 1:2:2:0,32. A média da resistência mecânica do traço de referência foi de 27,2 MPa e da dosagem com lascas de borracha foi de 25,5 MPa. Apesar da resistência ter ficado no limite do que foi determinado na dosagem (25 MPa), a viabilidade do uso desse material atende aos requisitos da norma NBR 9781, podendo ser utilizado em ambientes com demanda leve, tais como: calçadas, praças e ciclovias. Logo, as análises prévias da água filtrada pelo corpo de prova foram positivas em relação as características do pH, da acidez e da alcalinidade e, volta para o meio ambiente sem contaminação.

**Palavras-Chaves:** Borracha. Concreto Permeável. Meio Ambiente.



## I. INTRODUÇÃO

Compartilhar conhecimento sempre foi, e ainda é, um hábito essencial para o desenvolvimento da humanidade. Essa qualidade foi importante para o progresso das civilizações, tornando o mundo o que ele é hoje. No entanto, antes de compartilhar conhecimento, é necessário produzi-lo. A produção científica é o método responsável pela criação de novos conhecimentos, que agregam valor científico tanto à comunidade acadêmica quanto à sociedade em geral [1].

[2] O crescimento populacional vertiginoso é realidade eminente no século em que vivemos e que paralelamente podemos verificar um cenário novo de transição entre áreas urbanas mais densificadas representando em um acréscimo de 84% em relação às áreas rurais que decresceram 16%. E essas mudanças trazem consigo a insuficiência dos sistemas de drenagem que não são capazes de comportarem adequadamente maiores volumes de contribuição.

Com a contínua evolução dos meios de transportes usados pelo homem e sua constante necessidade de locomoção, a área de transportes e pavimentação acaba recebendo cada vez mais atenção. O modal rodoviário é responsável por cerca de 60% do transporte nacional, com isso os métodos de construção dos pavimentos têm evoluído de maneira acentuada nas últimas décadas. Na medida em que a rede rodoviária pavimentada passou a representar um altíssimo patrimônio, os métodos de fabricação, seus projetos e suas qualidades de execução, assim como sua conservação tiveram de ser aperfeiçoados [1].

O pavimento é uma estrutura de várias camadas assentadas sobre a terraplanagem. É destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços do tráfego e aos desgastes tornando mais durável a superfície, melhorando as condições de rolamento, proporcionando conforto e segurança [3].

[4] A utilização de resíduos descartados está sendo cada vez mais explorada pela construção civil, tendo como o objetivo a incorporação de novas propriedades ao concreto, conservando os materiais finitos usados como o agregado miúdo e graúdo, e diminuindo os impactos ambientais em nossa sociedade.

Quando se elabora um artefato, tem-se os resíduos sólidos gerados no instante de sua confecção e aqueles que são relacionados ao pós-consumo desse material. Nesse contexto, a maior fonte produtora de resíduos sólidos pós-consumo, são os pneus inservíveis, que contêm em sua composição principalmente o copolímero de butadieno e estireno (SBR) e a borracha natural (NR) [5].

A utilização de resíduos em concreto tem se mostrado uma boa alternativa na redução do impacto causado pelo consumo desordenado de matéria-prima e pela redução das áreas de disposição em virtude do grande volume de resíduos descartados a cada ano no mundo [6].

Dentre estes resíduos, a borracha de pneus vem sendo amplamente utilizada na produção de concretos e artefatos cimentícios, de forma que os estudos científicos da incorporação desses resíduos vêm crescendo significativamente [7].

A utilização de pavimentos intertravados com blocos pré-moldados de concreto vem crescendo em todo o mundo, particularmente no Brasil. Ele estudou pavers de concreto com diferentes níveis de incorporação de borracha, 8%, 10%, 12%, 15% e 20% em volume, e concluiu que há queda de resistência à compressão [8].

Diante desses fatos, este artigo desenvolveu uma pesquisa, com a finalidade de verificar a viabilidade, tanto física quanto mecânica, da utilização dos resíduos de câmara de ar para pneus

em concreto permeável para pavimento com tráfego leve, do tipo: calçadas, estacionamentos e etc., usando parcialmente esses resíduos e/ ou deixando de usar inteiramente o agregado com apenas pasta de cimento entre as porcentagens de 50 a 100%.

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### II.1 A HISTÓRIA DA BORRACHA PELO MUNDO

Com a evolução da humanidade tendo que se adaptar com invenções no seu dia a dia para facilitar suas rotinas, desde a era medieval até agora com a internet; a evolução trouxe inúmeras melhorias para o nosso cotidiano.

Em 1834, o presidente dos Estados Unidos, Andrew Jackson, foi apresentado por uma alfaiataria, com um terno impermeabilizado com uma goma grudenta, a borracha. O terno foi utilizado foi utilizado numa cerimônia em um dia chuvoso, mantendo-se seco, porém alguns dias depois o terno foi inutilizado, pois a goma grudenta derreteu [9]. [10] A goma aplicada ao terno ficou conhecida como borracha. Isso aconteceu em 1839. Goodyear encontrou a fórmula: endurecer no frio e derreter no calor. Em 1845, um engenheiro escocês revestiu as rodas de sua carruagem com borracha vulcanizada inflada com ar, para diminuir o barulho e torná-la mais macia. [11] As rodas anteriormente de madeira e ferro, ao serem revestidas com a borracha vulcanizada, ganhava forma. A borracha aumentou a segurança nas freadas e diminuiu as trepidações nos carros. [10] Em 1888, John Boyd Dunlop, também escocês, mas que vivia na Irlanda, descobriu uma maneira de evitar as quedas de seus filhos na bicicleta: costurou uma válvula a um tubo de borracha e encheu esse tubo com ar, cobrindo com um pedaço de lona. Assim surgiu o primeiro pneu para bicicletas. Na França, os irmãos Édouard e André Michelin foram os primeiros a patentear o pneu para automóveis. Numa corrida entre Paris e Bordeaux, em 1895, os irmãos Michelin inscreveram um carro com pneu inflável, que ganhou a corrida com certa folga. O problema eram os constantes furos nos pneus.

[10] Em 1903, diante do grande sucesso, eles foram negociar seu produto numa pequena, mas promissora cidade americana chamada Detroit, onde acabava de ser montada uma grande fábrica de automóveis: a Ford. No Brasil, a história começa com escritórios de importação de firmas europeias e norte-americanas.

Em 1939, seria inaugurada a primeira fábrica de pneus do país: a Goodyear. No ano seguinte viria a Firestone, e em 1941 a Pirelli, que já tinha aqui uma fábrica de fios elétricos.



Figura 1 – Plantio de seringueira e coleta da matéria prima para a borracha, o leite da seringueira.

Fonte: [12] Líder agronomia, (2012).

## II.2 A CÂMARA DE AR PARA PNEUS

A borracha natural fez-se presente na história do Brasil, entre a segunda metade do século XIX e início do século XX, trazendo riquezas e prosperidade para a região norte, sustentando assim um dos mais importantes ciclos de desenvolvimento do país [13].

Com o passar do tempo a borracha foi sendo cada vez mais estudada, até que criou-se na Alemanha a tecnologia para fabricá-la artificialmente a partir do petróleo, sendo criado os elastômeros [14].

O negro de fumo é derivado da combustão incompleta do petróleo, ele é um carbono amorfo, também derivado do carvão. Sua produção é feita em fornos especiais de forma controlada onde se obtém vários tipos de negro de fumo aplicados na indústria da borracha. Ele possui propriedades que conferem a borracha poder de pigmentação e resistência mecânica. No pneu são adicionados 8 tipos de negro de fumo, o que aumenta muito sua vida útil em aproximadamente 16 vezes [15]. Hoje já temos pneus capazes de rodar por vários quilômetros sem que esteja inflado, isso não danificando sua carcaça e sem comprometer a estabilidade do veículo [16].

O sucesso dos pneus com câmara (tire tube) começou em 1895, na época corridas de veículos automotores eram frequentes. Os irmãos Michelin inscreveram na corrida, um carro com pneus infláveis, uma novidade, já que todos os carros usavam pneus de borracha maciça. O carro acabou ganhando a corrida com o êxito e assim, os pneus infláveis passaram a ser itens indispensáveis nas grandes fábricas de automóveis [17]. Em meados de 1900 aconteceram vários fatos que ocasionaram fortes mudanças na evolução dos pneus. O primeiro pneu sem câmara (tubeless) foi patenteado pela Goodyear Tire and Rubber Company, no ano de 1903, mas ele só foi comercializado em 1954 [18].

[19] A diferença entre os pneus com e sem câmara de ar reside no fato dos primeiros apresentarem uma câmara de ar independente, de borracha, enquanto nos últimos o ar é armazenado no próprio pneus.



Figura 2 – Câmara de ar para pneu de 200x50 cadeira rodas motorizadas.

Fonte: [20] Tudo de ferramentas, (2019).

## III MATERIAIS E MÉTODOS

### III.1 MATERIAIS UTILIZADOS NA PREPARAÇÃO DO CONCRETO PERMEÁVEL

Os elementos empregados como suporte para a confecção dos concretos permeáveis desta pesquisa foram o cimento Portland, a brita nº. 0 e a água.



Figura 3 – Materiais base para a confecção do concreto permeável dentro de um copo de bequer.

Fonte: Autores (2019).

### III.1.1 AGLOMERANTE – CIMENTO PORTLAND

Nesta pesquisa, o tipo do cimento usado foi CP IV-32 (Resistente) da marca CEMEX, produzido e comercializado no polo industrial de Manaus. Essa é a marca mais utilizada nas regiões da capital amazonense.

As análises de caracterizações para verificar se a qualidade do cimento está adequada para o uso foram as seguintes:

- Análise da finura por meio da peneira 75µm (nº. 200) [21];
- Análise da massa específica [22];
- Análise da pasta de consistência normal [23];
- Análise dos tempos de pega [24]
- Análise da resistência à compressão [25];

Todos os métodos de ensaios para a análise de caracterização do cimento relacionados acima foram realizados no laboratório de Materiais de Construção e Técnicas Construtivas do Centro Universitário do Norte (UNINORTE) com o acompanhamento técnico. A figura 4, a seguir, demonstra o material utilizado.



Figura 4 – Cimento Portland da marca Cemex utilizado para esta pesquisa.

Fonte: Autores, (2019).

### III.1.2 AGREGADOS – BRITA 0

O agregado (brita 0) foi comprado em uma loja de materiais de construção localizada no centro de Manaus. A caracterização da brita 0 foi realizada, também, no laboratório de Materiais de Construção do UNINORTE. Todos os métodos de ensaios descritos abaixo, atendem as especificações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A seguir, tem-se a relação das normas utilizadas para a determinação da caracterização da

brita 0, assim como a figura 5 mostra o material em um recipiente de porcelana.

- Material fino que passa através da peneira 75 $\mu$ m, por lavagem [26];
- Composição granulométrica [27];
- Massa unitária e volume de vazios [28];
- Massa específica, massa específica aparente e absorção de água [29].



Figura 5 – Agregado (brita 0) disposto em um recipiente de porcelana usado para a confecção dos concretos.

Fonte: Autores, (2019).

### III.1.3 ÁGUA

Para a confecção dos concretos, a água utilizada foi através do fornecimento público da cidade de Manaus, ÁGUAS DE MANAUS S/A, onde foi adquirida no laboratório da Instituição já mencionada anteriormente no escopo desta pesquisa.

### III.1.4 LASCAS DE CÂMARAS DE AR PARA PNEUS UTILIZADAS NO CONCRETO PERMEÁVEL

As câmaras de ar para pneus utilizadas nesta pesquisa foram compradas em uma borracharia localizada no bairro Praça 14 de janeiro, zona centro sul de Manaus; já que a doação desse material dita por muitos proprietários de diversas borracharias, era inviável devido a sua influente utilização.

Após a compra, o material foi cortado com o auxílio de uma tesoura com as medidas de 20mm para cada lado de um quadrado/retângulo. A figura 6, a seguir, expõe o material cortado em cima de uma mesa branca para dar destaque à borracha com um escalímetro na lateral na escala de 1:100 dando ênfase ao tamanho do material pronto para o uso. Nota-se, ainda na figura 6, que a borracha apresenta oxidação de ferro em sua base apresentando um destaque pelo seu tempo de vida útil.



Figura 6 – Material usado no concreto permeável (borracha da câmara de ar para pneu), cortada em 20mm pronta para o uso.

Fonte: Autores, (2019).

## III.2 CONFEÇÃO DOS CONCRETOS E MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

[30] O traço referência abrange uma grande relação dos materiais e conhecimentos da fundação, ele engloba o concreto permeável sem utilização de agregado miúdo. Sendo assim, apenas cimento, brita e água.

Para o cálculo, foram empregadas as propriedades das caracterizações dos materiais encontradas em cada análise realizada, tais como: granulometria (brita) massa específica (cimento e brita), dentre outro citados nos itens III.1.1 e III.1.2 no escopo desta pesquisa. O traço referência final ficou como 1:4 (cimento:brita).

A relação água cimento foi mantida em todos os traços, [31], em que foi estudada a melhor relação água/cimento para o concreto permeável. Notou-se que há uma curva ótima para a relação, sendo que o intervalo da pesquisa foi de 0,30 até 0,38, e constou-se a partir de 0,34 a resistência é comprometida, os melhores resultados foram obtidos com 0,32, e não aconselhou-se uma relação menor do que 0,30 [30].

A mistura dos materiais foi realizada em uma betoneira estacionária. Primeiramente colocado a brita e em seguida o cimento e acionado o botão para a mistura. Feito isso, a água foi adicionada cautelosamente e realizado o processo de homogeneização do concreto. A figura 7, a seguir, mostra a adição da água com o auxílio de uma proveta plástica na betoneira em movimento.



Figura 7 – Homogeneização dos materiais para a confecção do concreto permeável convencional.

Fonte: Autores, (2019).

Após a homogeneização dos materiais na betoneira, os procedimentos de moldagem dos corpos de prova atendem as especificações normativas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), detalhando o passo a passo de como deve ser realizada a moldagem para o melhor desempenho do concreto [32]. A figura 8, abaixo, apresenta os corpos de prova já moldados.



Figura 8 – Moldagem realizada dos corpos de prova do concreto permeável do traço referência.

Fonte: Autores, (2019).

Todos os procedimentos descritos neste item atendem aos dois tipos de concreto desenvolvidos nesta pesquisa, o concreto permeável convencional e o concreto permeável com adição das lascas de borracha.

As dimensões das formas usadas para a moldagem são de 100mm por 200mm.

### III.3 CURA DOS CORPOS DE PROVA

A cura dos corpos de prova foram divididas em 3 etapas:

1ª etapa - após a moldagem os concretos foram cobertos com o plástico acrílico por 24h para que impedisse a evaporação da água;

2ª etapa – em seguida, os concretos foram mantidos dentro das formas por 7 dias em temperatura ambiente;

3ª etapa – Depois do prazo de 7 dias, os concretos foram retirados das formas e matidos um do lado do outro por mais 20 dias apenas com a temperatura um do outro. A figura 9, mostra um corpo de prova do concreto permeável com as lascas de borracha após a desforma e, a figura 10, demonstra o processo de cura por mais 20 dias, também após a desforma.



Figura 9 – Desforma do concreto permeável com as lascas de borracha após o prazo de 7 dias.

Fonte: Autores, (2019).



Figura 10 – Cura por mais 20 dias do concreto permeável convencional após a desforma acondicionados apenas com a temperatura um do outro.

Fonte: Autores, (2019).

### III.4 ANÁLISE DA ÁGUA FILTRADA PELOS CORPOS DE PROVA

O método para a análise da água filtrada pelos corpos de prova do concreto permeável foi um método simples e que é muito comum usar em piscinas e aquário para medir o pH, a acidez, a alcalinidade e dentre outros. Esse procedimento utilizado é comprado em qualquer loja de equipamentos e materiais para piscinas. O objetivo desta análise prévia da água é identificar a qualidade dessa água que retorna para o meio ambiente.

A figura 11, a seguir, apresenta todos os materiais e equipamentos utilizados tanto para a filtragem da água como os procedimentos usados para a análise de qualidade.

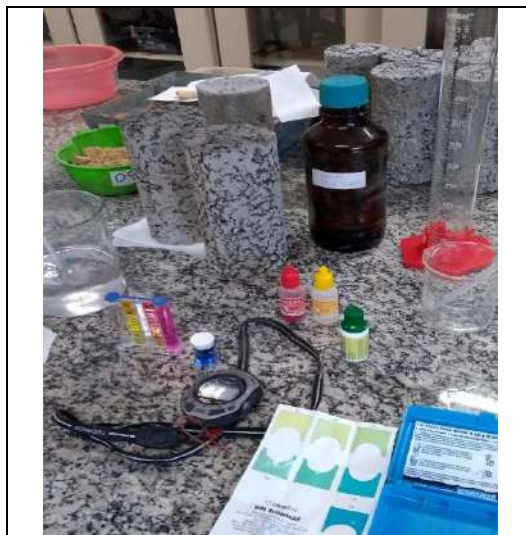


Figura 11 – Materiais e equipamentos dispostos na bancada para a análise da qualidade da água filtrada pelos corpos de prova de concreto permeável.

Fonte: Autores, (2019).

### III.5 RUPTURA DOS CORPOS DE PROVA

Este método de ensaio atende as especificações da norma da ABNT [33].

Após o período de cura, os corpos de prova foram levados para uma prensa de compressão axial, disponibilizada pelo laboratório de Materiais de Construção do UNINORTE para verificar a resistência mecânica de cada um deles.

Abaixo, a figura 12 demonstra o processo de ruptura, através da prensa, onde os corpos de prova foram submetidos para a análise da resistência mecânica.



Figura 11 – Análise de compressão axial do corpo de prova do concreto permeável.

Fonte: Autores, (2019).

## IV RESULTADOS E DISCUSSÕES

### IV.1 DOSAGEM DO TRAÇO UNITÁRIO DOS CONCRETOS.

Conforme os dados coletados pelas caracterizações dos materiais, a dosagem dos traços de concreto permeável, ficaram:

Tabela 1 – Dosagem unitária dos concretos – convencional e com lascas de borracha.

| Dosagem convencional              | FCK (MPa) | FC28 (MPa) | Fator 31MPa (a/c) |
|-----------------------------------|-----------|------------|-------------------|
| 1:4:0,32                          | 25,0      | 31,6       | 0,32              |
| Dosagem com as lascas de borracha | FCK (MPa) | FC28 (MPa) | Fator 31MPa (a/c) |
| 1:2:2:0,32                        | 25,0      | 31,6       | 0,32              |

Fonte: Autores, (2019).

#### IV.2 ANÁLISE DA ÁGUA FILTRADA PELOS CORPOS DE PROVA

As análises das águas filtradas pelos corpos de prova obtiveram os seguintes resultados, conforme a tabela 2, a seguir.

Tabela 2 – Dosagem unitária dos concretos – convencional e com lascas de borracha.

| Características da Água Filtrada pelo Corpos de Prova de concreto | Amostragem            |      |                                 |      |
|---|-----------------------|------|---------------------------------|------|
|   | Concreto Convencional |      | Concreto com Lascas de Borracha |      |
| Temperatura (°C)  | 26,0                  | 25,5 | 24,5                            | 24,0 |
| Potencial Hidrogeniônico (pH)                                     | 4,8                   | 4,4  | 7,8                             | 7,6  |
| Alcalinidade (mg/ ppm)  | 140                   | 150  | 120                             | 120  |
| Acidez  | Presente              |      | Ausente                         |      |

Fonte: Autores, (2019).

Nota-se que nas análises do pH, da alcalinidade e da acidez, a água filtrada pelo concreto com lascas da câmaras de ar para pneus obtiveram uma aceitação melhor do que a água filtrada do concreto convencional, ou seja, a qualidade da água com esse tipo de material volta para o meio ambiente em boas condições.

#### IV.3 RUPTURA DOS CORPOS DE PROVA

A seguir, na tabela 3, demonstra os resultados obtido de acordo com a ruptura de cada corpo de prova em relação as dosagem dos traços de concreto confeccionados.

Tabela 3 – Determinação da resistência à compressão (Mpa) dos corpos de prova dos concretos.

| Idade (dias) | Resistência à compressão (Mpa) |                    |
|--------------|--------------------------------|--------------------|
|              | Dosagem                        |                    |
|              | Referência                     | Lascas de Borracha |
| 28           | 27,7                           | 26,4               |
|              | 27,5                           | 25,8               |
|              | 27,0                           | 25,2               |
|              | 26,8                           | 24,8               |
| Média        | 27,25                          | 25,55              |

Fonte: Autores, (2019).

O gráfico, figura 12 a seguir, mostra a representação do desempenho dos corpos de prova em relação a resistência mecânica das dosagens determinadas para cada concreto desenvolvido. Observa-se que, apesar dos resultados encontrados em MPa dos corpos de prova, a dosagem do concreto permeável com lascas de borracha foi inferior comparado com os resultados encontrados da dosagem de referência. Mas isso não significa que

o concreto permeável com lascas de borracha esta fora do determinado pelo traço, muito pelo contrário, atende a dosagem do Fck de 25Mpa.

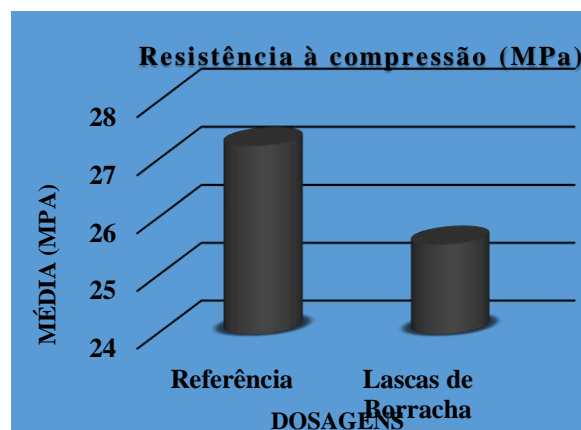


Figura 12 – Representação dos resultados em MPa encontrados na ruptura dos corpos de prova.

Fonte: Autores, (2019).

#### IV. CONCLUSÃO

Através das análises de caracterização, identificou-se as propriedades físicas de cada componente desse material desenvolvido, o concreto permeável com lascas de câmaras de ar para pneus. De acordo com o objetivo proposto para esta pesquisa, foi possível identificar a viabilidade técnica do concreto permeável confeccionado com 50% de brita 0 e 50% das lascas de borracha.

Todas as análises aqui propostas e desenvolvidas para o conhecimento do comportamento do concreto permeável, atendem as especificações normativas da ABNT. Logo, a viabilidade técnica desse novo material, tende a ajudar no controle da poluição em relação aos resíduos sólidos colaborando com as melhores condições do meio ambiente de forma geral, uma vez que as análises da água filtrada pelo concreto permeável produzido com lascas de pneu, volta para o meio ambiente sem alterações de contaminação.

Porém, as dosagens utilizadas para esta pesquisa atingiram o proposto de 25 MPa, apesar do valor mínimo de 35 MPa determinado na norma ABNT NBR 9781 para solicitações leves. Todos os resultados encontrados indicam que o uso desse resíduo para esse tipo de concreto para pode ser utilizado em ambientes com demanda leve, tais como: calçadas, praças, ciclovias e ruas de condomínios residenciais.

Ainda que a resistência mecânica desse material ser menor que o valor mínimo de 35 MPa determinado pela norma NBR 9781, é aceitável a sua utilização em pavimentação de baixa intensidade de sobrecarga.

Então, afirma-se que o uso das lascas de borracha torna-se viável na utilização do concreto permeável em vários segmentos, uma vez que seu emprego seja para a pavimentação urbana com tráfego leve. Ainda assim, é necessário aprimorar mais o conhecimento sobre as propriedades e o comportamento desse resíduo integrado na produção de novos concretos.

#### V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Rolim, L. J.; Moura, V. B. Análise cienciométrica sobre pavimentos de concreto. TCC, curso de Engenharia civil. UniEvangelica. Anápolis, GO. 58p. 2018.

- [2] Virgilis, Afonso Luis Correa de. Procedimentos de projetos e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheia. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 13, n. 2, p. 57-67, jul./dez. 2016. GAUDARD, J. G. P.S.; BARRETO, A. G. Permeabilidade do solo à luz de um desenvolvimento urbano mais sustentável. Disponível em: <[http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.teses.usp.br%2Fteses%2Fdisponiveis%2F3%2F3138%2Fde-08092010-122549%2Fpublico%2FDissertacao\\_Afonso\\_Luis\\_Correa\\_de\\_Virgiliis.df&ei=PGqjU5PmN6zIsATEXyGgDw&usq=AFQjCNF79rpPP57RO5Hm\\_In3AsihRrai4w&sig2=o\\_BbY2WDEFIjePtUmpI5TA](http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.teses.usp.br%2Fteses%2Fdisponiveis%2F3%2F3138%2Fde-08092010-122549%2Fpublico%2FDissertacao_Afonso_Luis_Correa_de_Virgiliis.df&ei=PGqjU5PmN6zIsATEXyGgDw&usq=AFQjCNF79rpPP57RO5Hm_In3AsihRrai4w&sig2=o_BbY2WDEFIjePtUmpI5TA)>. Acesso em maio de 2019.
- [3] Bernucci, L.B., Motta, L. M. G., Ceratti, J. A. P., Soares, J. B. Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2007.
- [4] Canhada, J. C. S.; Altran, D. A.; Ishiki, H. M.; Fidelis, G. N. S.; Dos Santos, R. J. Caracterização física e morfológica de compósitos de concreto com resíduos de borracha vulcanizada Colloquium Exactarum, v. 9, n.3, Jul-Set. 2017, p.65–75. DOI: 10.5747/ce.2017.v09.n3.e205. Disponível em: <<http://revistas.unoeste.br/index.php/ce/article/view/2207/2114>>. Acesso em março de 2019.
- [5] Adhikari, B.; De, D. & Maiti, S. - Prog. Polym. Sci., 25, p. 909, (2000). GUJEL, A. A. et al. Incorporação de Pó de Pneu em uma Formulação para Banda de Rodagem de Pneu de Motocicleta. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 18, n. 4, p. 320- 325, 2008.
- [6] Fioriti, Cesar Fabiano; INO, Akemi; Akasaki, Jorge Luis. Avaliação de blocos de concreto para pavimentação intertravada com adição de resíduos de borracha provenientes da recauchutagem de pneus. Revista online da ANTAC: AC – Ambiente Construído, v. 7, n.4, 2007.
- [7] Fronza R. Estudo de piso intertravado de concreto com resíduo de borracha de pneus inservíveis visando a redução de consumo de cimento. Dissertação. Programa de PósGraduação da Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas. Limeira - SP, 2016.
- [8] Fioriti, Cesar Fabiano. Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneu como material alternativo.2007. Tese (Título de Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007.
- [9] Conceição, A. J. M. A indústria de recauchutagem de pneus e suas implicações no transporte no Brasil. São Paulo: FEA/PUC, 1990.
- [10] Portal São Francisco. Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/historia-do-brasil/historia-do-pneu>>. Acesso em março 2019.
- [11] ANIP. Associação Nacional da indústria de pneumáticos. Disponível em: <<http://www.anip.com.br>>. Acesso em março de 2019.
- [12] Portal Lider Agronomia – O maior portal de agronomia na internet. Disponível em: <<http://www.lideragronomia.com.br/2012/04/seringueira.html>>. Acesso em abril de 2019.
- [13] Mucambo. Um pouco da história da borracha. Disponível em: <<http://www.mucambo.com.br/novosite/institucional/historiadaborracha.pdf>>. Acesso em abril de 2019.
- [14] Recicloteca. Centro de Informação sobre reciclagem e meio ambiente. Borracha e o pneu. Disponível em: <<http://www.recicloteca.org.br/Default.asp>>. Acesso abril de 2019.
- [15] Chemisol. Negro de Fumo. Disponível em: <[www.chemisol.com.br/produtos/negro-de-fumo](http://www.chemisol.com.br/produtos/negro-de-fumo)>. Global Material Supply Management (GMSM). Negro de Fumo da Borracha. Acesso em abril de 2019.
- [16] Silva, A. E. M.; De Castro, V. A. Tecnologia do pneu, fabricação, dimensionamento e aplicação. Disponível em: <<http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/Arthur%20%20C3%89dico.pdf>>. Acesso em abril de 2019.
- [17] INFOPNEUS. História do Pneu. Disponível em: <<http://www.infopneus.com.br/historia-do-pneu/>>. Acesso em abril de 2019.
- [18] Continental. Reinfengrundlagen Pkw. [S.I.]: GmbH, 2009. 30p.
- [19] Costa, P. G. Pneus. Disponível em: <<http://www.oficinaecia.com.br/bibliadocarro>>. Acesso em abril de 2019.
- [20] Portal Tudo De Ferramentas. Disponível em: <<https://www.tudodeferramentas.com.br/camara-de-ar-pneu-200-x-50-cadeira-rodas-motorizada>>. Acesso em abril de 2019.
- [21] Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 11579 MB-3432 Cimento Portland - Determinação da finura por meio da peneira 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro, 1991.
- [22] Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR NM 23 Cimento portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001.
- [23] Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR NM 43 Cimento portland - Determinação da pasta de consistência normal. Rio de Janeiro, 2003.
- [24] Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR NM 65 Cimento portland - Determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro, 2003.
- [25] Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 7215 Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.
- [26] Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR NM 46 Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003;

- [27] Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR NM 248 Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- [28] Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR NM 45 agregados determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.
- [29] Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR NM 53 Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2003.
- [30] Ramos, G. M. Análise Das Propriedades Do Concreto Permeável Com Adição De Agregado Miúdo E Resíduo (Cinza De Madeira). Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico de Joinville. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação). 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/191840/%28Correcao%29%20Concreto%20Permeavel%20-%20Gustavo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em maio de 2019.
- [31] Lian, C. Zhuge, Y. Optimum mix design of enhanced permeable concrete – An experimental investigation. Elsevier Journal Construction and Building Materials, 2010. M. Urban drainage specific climates: urban drainage in humid tropics. Paris: UNESCO. IHPV. Technical Documents in Hydrology. No.40. v.I. cap.4, p 103 – 124.
- [32] Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 5738 Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.
- [33] Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 5739 Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.



## OPTIMIZATION OPERATIONAL PROPOSAL ORGANIZED PUBLIC PORT OF MANAUS (OPPM): A CASE STUDY

Raphael dos Santos Marinho<sup>1</sup>, Eduardo de Magalhães Braga<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará (PPGEP/ITECUFPA). Bairro Guamá. CEP: 66075-110. Caixa Postal 479. PABX +55 91 3201 7000. Belém – Pará – Brasil.

Email: [rap10marinho2011@hotmail.com](mailto:rap10marinho2011@hotmail.com)

Received: July 23<sup>th</sup>, 2019

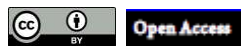
Accepted: August 01<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

The Manaus Organized Public Port despite its strategic location, daily on its floating docks there is a great number of vessels anchored, an intense flow of people and vehicles of large and small traffic, evidenced the inefficiency of the operational logistics; a wear and tear for PPOM workers and their users who face daily long hours waiting to perform their services of loading and unloading of goods and passengers. The objective of this study was to propose the operational optimization of the Organized Public Port of Manaus (OPPM) in relation to the flow of cargo sent or coming from the interior of the state of Amazonas. Extensive observation of the entire port structure was carried out, as well as an exhaustive review of the literature on the subject. For that, a descriptive research was carried out "in situ" (Organized Public Port of Manaus - OPPM), where an in - depth description of the reality of the current situation was carried out, through photographic reports and records of the problem investigated. After observations was applied action and diagnostic plan tools such as Ishikawa diagram, action plan 5W2H and PDCA cycle. Therefore, with the computerization of data regarding vessels, adoption of fingers at the Torres and Roadway piers and flexibility of opening hours, there is possibility of optimization in the logistic process in PPOM.

**Keywords:** port organization, port of Manaus, port.

## PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DO PORTO PÚBLICO ORGANIZADO DE MANAUS (PPOM): UM ESTUDO DE CASO

### RESUMO

O Porto Público Organizado de Manaus apesar de sua localização estratégica, diariamente em seus cais flutuante há uma grande quantidade de embarcações ancoradas, um fluxo intenso de pessoas e veículos de grande e pequeno porte trafegando, evidenciado a ineficiência da logística operacional; um desgaste para os trabalhadores do PPOM e para seus usuários que enfrentam diariamente longas horas de espera para realizar seus serviços de embarque e desembarque de mercadorias e passageiros. O objetivo deste estudo foi propor a otimização operacional do Porto Público Organizado de Manaus (PPOM) em relação ao fluxo de cargas enviadas ou advindas do interior do estado do Amazonas. Foi realizada extensa observação de toda a estrutura do porto, assim como uma exaustiva revisão de literatura sobre o tema. Para tal foi realizada uma pesquisa descritiva "in situ" (Porto Público Organizado de Manaus - PPOM), onde foi realizada uma descrição aprofundada da realidade da situação atual, através de relatos e registros fotográficos da problemática averiguada. Após observações, foi aplicado ferramentas de plano de ação e de diagnóstico, como diagrama de Ishikawa, plano de ação 5w2h e ciclo PDCA. Portanto, com a informatização de dados referentes às embarcações e flexibilização do horário de funcionamento, há possibilidade de otimização no processo logístico no PPOM

**Palavras - chaves:** Organização potuária, Porto de Manaus, Porto.



## I. INTRODUÇÃO

A região Amazônia representa uma grande extensão territorial do Estado brasileiro, é rica em recursos naturais, entretanto, possui um histórico de ocupação desorganizada; possui um setor de transporte alicerçado na modalidade hidroviária, assumindo um papel relevante no que concerne a busca do entendimento dos fluxos de cargas pessoas oriundas dessa ocupação [1].

A Amazônia é um labirinto de rios, paranás, lagos, igarapés e furos, portanto, entender a sua dinâmica de mobilidade é essencial, visto que, é o rio que comanda a vida não só do ribeirinho, mas também que dá vida a via transporte de cargas e passageiros que atravessam a imensidão dos rios de uma comunidade ou de uma cidade a outra [2]. Por conseguinte, o transporte fluvial na Amazônia devido as características hidrográficas únicas, é a vida social e economia [3].

O PPOM apesar de sua localização estratégica, diariamente em seus cais flutuante há uma grande quantidade de embarcações ancoradas, um fluxo intenso de pessoas e veículos de grande e pequeno porte trafegando, evidenciado a ineficiência da logística operacional; um desgaste para os trabalhadores do PPOM e para seus usuários que enfrentam diariamente longas horas de espera para realizar seus serviços de embarque e desembarque de mercadorias e passageiros.

Segundo a pesquisa do Sindicato das Empresas de Navegação Fluvial no Estado do Amazonas [4], em parceria com Instituto de Pesquisa em Transportes (Intra), há uma desorganização no transporte fluvial misto (cargas e passageiros), nos rios que cercam o estado Amazonas. Embora as infraestruturas de transportes novas (portos) e do crescimento da oferta de embarcações, há inúmeras cidades e rotas que estão mal organizadas e não possuem de mecanismos de coordenação apropriados para fazer uso eficiente de tais recursos disponíveis.

No primeiro semestre de 2018, a região amazônica realizou a movimentação de 6,1 milhões de toneladas, com participação de mercado de 48,5% e crescimento de 16,8%. Evidenciando a região amazônica como um dos principais rios de transporte de carga no Brasil. Neste cenário, destaca-se a soja com 24,6% de crescimento, sendo responsável pelo transporte de 4,3 milhões de toneladas no período supracitado, contribuindo desta forma com 70,8% de participação no transporte total na região no que se refere a navegação interior, seguido de petróleo e seus derivados com 573 milhões de toneladas com contribuição de 9,3% para o abastecimento eficaz de toda a região amazônica [5].

O objetivo deste estudo é relatar a proposta de otimização operacional do Porto Público Organizado de Manaus (PPOM) em relação ao fluxo de cargas enviadas ou recebidas do interior do estado do Amazonas.

## II. DESENVOLVIMENTO

### II.1 NAVEGAÇÃO NA AMAZÔNIA: VIDA SOCIAL E ECONÔMICA

O Brasil possui uma extensa malha hidroviária com 63 mil km de rios e lagoas/lagos, desta totalidade, mais de 40 mil km encontram-se na Amazônia, dentre as principais bacias hidrográficas brasileiras, a bacia Amazônica apresenta uma extensa malha hidroviária navegável (18.300 km) [6,7].

A Região Hidrográfica Amazônica (Figura 1) representa aproximadamente 40% do Estado brasileiro e detém um pouco mais de 60% de toda a disponibilidade hídrica do País. Os recursos hídricos desta região, são fartos e até hoje pouco explorados. A

Região Hidrográfica Amazônica, possui uma região de grandes contrastes humanos e naturais [6].



Figura 1: A região hidrográfica amazônica (linha vermelha) no quadro da América do Sul.

Fonte: Brasil, (2006).

A Região hidrográfica amazônica é constituída pela bacia hidrográfica do Rio Amazonas, dos rios da ilha Marajó e pelas bacias localizadas no Estado do Amapá que desembocam no oceano atlântico. No tocante a recursos hídricos, a contribuição média em território brasileiro é de 133.000 m<sup>3</sup>/s (73% do total do País). Já a contribuição adicional de territórios alóctones para as vazões da região hidrográfica é de 76.000 m<sup>3</sup>/s. As maiores demandas por uso da água na região ocorrem nas sub-bacias dos rios Negro, Madeira e Tapajós, e se referem a atualização para irrigação (39% da demanda total). Ainda dentro deste cenário, a demanda urbana representa cerca 17% da demanda da região (11 m<sup>3</sup>/s) [8]

A Hidrovia do Amazonas é a principal rota de defluência de cargas, sendo responsável por aproximadamente de 65% do total de cargas transportadas na região. Anualmente a média de movimentação de cargas tem sido da ordem de 50 milhões de toneladas desde o início da década. Na Amazônia o transporte fluvial é diversificado e atente a uma abrangente região florestal fechada e cheia de rios. A hidrovia é essencial para o comércio externo e interno, visto que, garante a oferta de produtos com preços mais competitivos. Sendo importante relatar que atualmente a infraestrutura hidroviária da região é composta por cursos de rios canalizados e por vias de navegação em fluxo livre [9].

O sistema de transporte fluvial estadual proporciona ligações entre vários municípios de um mesmo Estado, ou seja, os trechos estaduais ou intermunicipais, representam cerca de 72% do total do conjunto de rotas para passageiros e 77,77% do total de trechos de caminhos de cargas no estado do Amazonas [4]

O transporte de produtos e pessoas na Amazônia é realizado em seu maior percentual é via fluvial, diferente dos outros estados, que tem como o seu principal transporte o rodoviário. Isto é comprovado pela grande quantidade de pessoas, produtos agrícolas e peixes que chegam todos os dias a Manaus, vindo de diversos municípios [3]

O transporte aquaviário na Amazônia tem uma característica bastante peculiar, ou seja, grande parte das embarcações transporta passageiros e cargas ao mesmo tempo, entretanto estas cargas são mais leves do que as transportadas por embarcações que realizam este trabalho exclusivamente de cargas. No entanto, ocupam um espaço bastante vultuosos nos porões dos barcos, e muitas vezes até em locais destinados aos passageiros, tornando, portanto, a viagem perigosa e mais demorada [3].

## II.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DOS PORTOS

Os portos são áreas que estão conectadas ao mar, oceano ou rio, ligando vias navegáveis e são consideradas como entidades. Eles são equipados com infraestrutura e instalações técnicas de qualquer tipo que lhes permitam gerenciar o tipo de carga para o qual são especializados. Sua função básica é fornecer abrigo em diferentes graus aos navios, permitindo a transferência de mercadorias de um meio de transporte para outro. Eles também funcionam como um nó entre o mar e a terra e são um exemplo claro de intermodalidade [11, 12].

Neste ínterim, há ainda efeitos no contexto local no que tange a movimentação portuária que se encontra diretamente relacionada com a oferta de emprego na região. Entretanto, essa oferta de empregos depende dos setores que o porto atua, ou seja, portos especializados em transporte de contêineres tem duas mais ofertas de emprego do que portos especializados em cargas de granel líquido e sólido. Já no contexto do comércio internacional, o aumento do papel da logística internacional e realocação espacial da produção, aumento dos navios, containerização e o papel do transbordo, integração vertical, fusões e aquisições e terceirização da atividade logística [13,14].

Embora existam grandes áreas metropolitanas sem um porto, seu destino é muitas vezes fortemente dependente da qualidade da conexão com os portos. Quanto menor e mais próxima a cidade portuária em relação à metrópole interior, mas ela pode ser considerada como parte dessa metrópole. Poderia então ser considerado satélites dependentes, corredores de curto alcance ou corredores de longo alcance [15].

## II.3 LOGÍSTICA E GESTÃO PORTUÁRIA

A logística é considerada como uma das áreas mais importantes da gestão empresarial e abrange elementos relevantes da administração empresarial, como: processamentos de pedidos, estoques, transporte, armazenamento, manuseio de insumos e embalagem, que se encontram integrados a uma rede de instalações. A logística trata sobre a responsabilidade de administração e delimitação de sistemas com objetivo de controlar estoque, transporte e a localização geográfica pelo menor custo total [16].

A logística é um processo que abrange ações importantes para a disponibilização de serviços e bens aos clientes quando e onde esses clientes quiserem adquiri-los. Entretanto, tal conceito deixa claro que a logística é parte da Cadeia de Suprimentos não um processo particular e inteiro, neste contexto é que o gerenciamento da cadeia de suprimentos (GCS) ou *Supply Chain Management* (SCM) [17].

As cadeias de gerenciamento são uma das melhores formas de promover a competitividade no mercado. Alcançar uma cadeia suprimentos dominante demanda esforços e parcerias específicas e infraestrutura correta para fazê-la acontecer. Portanto, a GCS encontra-se baseada em mudanças de infraestrutura entre companhias e não pode jamais ser um conceito vago [18].

O crescimento econômico dos países tem como uma de suas conjecturas a expansão e o desenvolvimento do comércio externo. As políticas dirigidas ao setor portuário desempenham, neste tocante, um papel estratégico no pressuposto econômico brasileiro. É sabido que o setor portuário é atualmente como um dos principais obstáculos do comércio internacional no Brasil, especialmente em razão da pouca eficiência e dos altos custos nas atividades portuárias [19].

Trazendo para o contexto portuário, com a Lei nº 8.630/1993 (Lei dos Portos) e o Decreto n. 6.620/2008, o setor portuário brasileiro tinha o objetivo o aumentar a competitividade através das reduções de custos. Antes da promulgação da lei e decreto citados, as operações portuárias brasileiras eram geridas pelas Companhia das Docas, sindicatos dos trabalhadores portuários e empresas de economia mista. Tal sistema resultou em portos poucos eficientes, mal administrados e de custos elevadíssimos, além da defasagem tecnológica e escassez de recursos estatais.

## III. METODOLOGIA

Este trabalho adotou a metodologia de estudo de caso. Portanto, a pesquisa foi de campo, observacional, explicativa, descritiva de abordagem quali-quantitativa, ou seja, uma pesquisa que não almejou realizar intervenções diretas e imediatas no local alvo deste estudo, e sim angariar dados e com isso realizar análises críticas e com isso elaborar uma proposta de melhoria dos pontos críticos encontrados.

A coleta de dados foi realizada durante a pesquisa de campo, observacional e descritiva realizada *in loco*, ou seja, em dias comerciais (segunda a sexta) durante o processo que carregamento/descarregamento de mercadorias vinda ou advindas do interior do Estado do Amazonas. Os dados foram armazenados em planilhas, atas e relatórios diários de observação, sendo relevante relatar que os dados foram tratados de maneira quali-quantitativa a fim de proporcionar subsídios para a elaboração da proposta de otimização da logística operacional do PPOM.

As observações e análises dos processos de transporte, manipulação e armazenamento foram realizadas após a aplicação do questionário. Foram utilizados como instrumentos de coleta de dados para esta pesquisa:

### III.1 PORTO PÚBLICO ORGANIZADO DE MANAUS

O Porto Público Organizado de Manaus (PPOM) encontra-se situado à margem esquerda do Rio Negro, no centro da cidade de Manaus no estado do Amazonas, distando 13 km da confluência com o Rio Solimões. A sua administração é realizada pela Sociedade de Navegação, Portos e Hidrovias do Estado do Amazonas (SNPH), por representação ao Estado do Amazonas (Figura 2). Em relação a posição geográfica, o PPOM situa-se nas seguintes coordenadas: Latitude Sul 03°08'03"; Longitude Oeste 60°01'46". Sendo que a área de expansão é determinada pelas coordenadas: Latitude Sul 3°08'04"; Longitude Oeste 59°56'40" (SNPH, 2012).

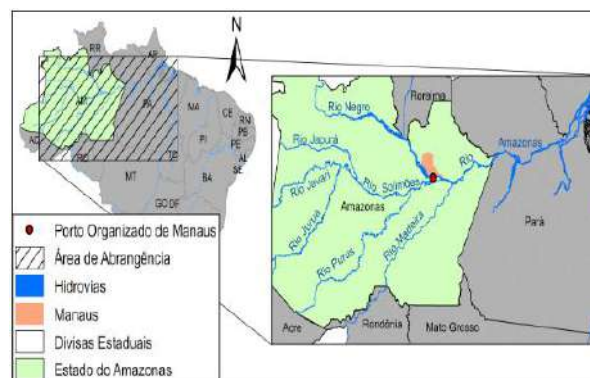


Figura 2: Localização do Porto Público Organizado de Manaus.

Fonte: Porto Público Organizado de Manaus, (2018).



armadores das embarcações. Esta modificação atenuaria o grande fluxo de veículos entre às 07:00 da manhã e 17:00 horas.

Tal mudança seria benéfica para os armadores que poderiam demorar menos tempo atracados, visto que, as três empresas mais citadas realizam o fornecimento de mercadorias em média 2 a 3 vezes por semana em horários distintos. Portanto, para tal prática ser mais viável para o empresário que teria que deslocar seus funcionários em horários diferentes, seria sugerido descontos de 20% em cima dos valores tabelados.

## V. CONCLUSÃO

Foi possível observar que o PPOM é um porto de grande importância econômica para todo o Estado, é um porto competitivo, entretanto, há gargalos que precisam ser resolvidos para que seja um porto ainda mais competitivo e consequentemente possa oferecer serviços de qualidade para todos os clientes que se utilizam dele.

Através das observações foi possível propor sugestões de melhoria na estrutura física, no processo de informatização de dados referentes às embarcações assim como a sugestão de melhorias quanto a dinamização do tempo de escoamento de mercadorias para o interior do Estado. A disponibilização de dados no site do PPOM traria mais segurança e comodidade aos clientes, pois reuniria em um só lugar todas informações necessárias para usufruir de um bom atendimento. Em relação a otimização de tempo, esta sugestão facilitaria tanto para os armadores quanto para os empresários, visto que, pouparia tempo de espera e ainda geraria economia de até 20 % nos serviços do PPOM.

Sendo importante relatar que o uso das ferramentas (Diagrama de Ishikawa, 5W2H e Ciclo PDCA) foram essenciais para traçar os principais problemas no dia a dia do PPOM, e com isso foi possível propor com mais segurança as sugestões de melhoria do processo operacional do Porto Público Organizado de Manaus.

Entretanto, é sabido que a adoção das sugestões deste estudo no processo operacional do PPOM é de responsabilidade das empresas arrendatárias, visto que, para a incorporação destas ideias é necessário que estejam em conformidade com os seus objetivos empresariais. Considerados tais aspectos, deve-se frisar que este estudo serviu para demonstrar perspectivas de melhorias no processo de trabalho do PPOM e com isso a possibilidade de aumento de competitividade e consequentemente lucratividade da empresa arrendatária e melhor qualidade de serviços oferecidos para sociedade amazonense.

## V REFERÊNCIAS

[1] A.V. Morgado. L. S. Portugal, A.J.R. Mello. Acessibilidade na Região Amazônica através do transporte hidroviário. *Journal of Transport Literature*, 7(2), p.p. 97-123.

[2] M.I. Araújo, S.G.A. Sousa, M.A.G Amaral, Dias R.S. Navegando de acordo com a “lei do rio”. *Anais do V Congresso Internacional de Geografia da Saúde*. Manaus: CIGEO, 2014, p.p. 1-14.

[3] R.C.A. David. A dinâmica do transporte fluvial de passageiros no estado do Amazonas. 122 f, 2010. *Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas*. Manaus, 2010.

[4] Sindicato das empresas de navegação fluvial no estado do Amazonas. *Pesquisa SINDARMA: Transporte Hidroviário Interior de Passageiros e Disponível em*

[http://www.sindarma.org.br/Pesquisa\\_Sindarma.pdf](http://www.sindarma.org.br/Pesquisa_Sindarma.pdf)> Acesso em: 07 de outubro de 2018, 22h34min.

[5] Brasil. Boletim Aquaviário do 2º trimestre de 2018. Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ. Disponível em <http://portal.antaq.gov.br/wp-content/uploads/2017/03/Boletim-Informativo-2%C2%BA-T2018-vfinal.pdf>> Acesso em: 28 set. 2018, 13h33min.

[6] Brasil. Caderno da região hidrográfica amazônica. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. – Brasília: MMA, 2006.

[7] M. J. C. Bueno, G. G. R. Silva, C. F. Stettiner, L. N. Marcellos, F. G. Sardeiro. Modal fluvial na Amazônia: desafios e oportunidades. *Revista Eletrônica da Faculdade de Ciências Exatas e da Terra Produção/construção e tecnologia*, 3(5), p.p. 1-10, 2014.

[8] Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Presidência da República. Secretaria de Portos. Agência Nacional de Transportes Aquaviários Caracterização da oferta e da demanda do transporte fluvial de passageiros da região amazônica. Brasília: ANTAQ, 2013.

[9] Agência Nacional de Águas. Região hidrográfica amazônica. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/amazonica.aspx#>> Acesso em: 28 set. 2018, 13h33min.

[10] Agência Nacional de Águas. Hidrovia Solimões-Amazonas. 2016. Disponível em <http://www.dnit.gov.br/hidrovias/hidrovias-interiores/hidrovia-do-solimoes-amazonas>> Acesso em: 26 set. 2018, 10h43min.

[11] S. Tarantola. Puertos como nodos integrados a la cadena logística. Informe especial: Intermodalismo y Logística Internacional, 6(5), p.p. 1-5, 2005.

[12] I. Roa, Peña Y, B. Amante, M. Goretti. Ports: definition and study of types, sizes, and business models. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 6(4), p.p. 1055–1064, 2013.

[13] O. Merk. The competitiveness of global port-cities: synthesis report. Netherlands: OECD, 2014.

[14] P. W. De Langen, E. Haezendonck. Ports as clusters of economic activity. *The Blackwell companion to maritime economics*. 1. ed. Nova Jersey: Wiley-Blackwell, 2012.

[15] O. Merk., C. Ducruet C., P. Dubarle, E. Haezendonck, M. Doooms. Competitiveness of port-cities: the case of the seine axis (Le Havre, Rouen, Paris, Caen) – France. Netherlands: OECD, 2011.

[16] D. J. Bowersox, D.J. Closs, B. Cooper, J. C. Bowersox. *Gestão logística da cadeia de suprimentos*. 4. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

[17] R. Ballou. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos*. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman Companhia, 2006.

[18] A.C. Farranha, C.S. Frezza, F. O. Barbosa. Nova lei dos portos: desafios jurídicos e perspectivas de investimentos. *Revista Direito GV*, 11 (1), p.p. 089-116, 2015.

[19] G. Macochin, G. Compras, contratações e terceirizações. 1ed. Curitiba, PR: IESDE Brasil, 2012.

# INCORPORATION OF CIVIL CONSTRUCTION WASTE AND DEMOLITION IN CERAMIC BRICK PRODUCTION AS AIM TO DECREASE THE QUANTITY OF RAW MATERIAL

Bruna Barbosa Matuti<sup>1</sup>, Genilson Pereira Santana<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil.

<sup>2</sup> Prof. Titular do Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Química, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil.

Email: [bruhmatuti@outlook.com](mailto:bruhmatuti@outlook.com), [gsantana2005@gmail.com](mailto:gsantana2005@gmail.com).

Received: July 16<sup>th</sup>, 2019

Accepted: August 05<sup>th</sup>, 2019

Published: September 30<sup>th</sup>, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



## ABSTRACT

In this work a RCD was incorporated in the mass to produce ceramics, aiming to propose an option of reuse in this process and in the economy of the clay raw material. The experimental methodology is based on the use of RCD as non-plastic material, with a pre-established composition of 90% RCD. The RCD was triturated and mixed with water and water (8%). The blend was pressed in a manual hydraulic pressure and dried by an oven at 110 ° C, and burned at 950 ° C. All their evidence was observed in relation to their ability. The mechanical resistance with the use of 10% of the RCD had a capacity of traction superior to 4 Mpa, being considered a better composition. The results show that it is possible to use RCD to produce ceramic material, with an opportunity for reappropriation and saving of natural resources.

**Key words:** incorporation, construction and demolition waste, ceramic brick.

## INCORPORAÇÃO DO RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO NA PRODUÇÃO DE TIJOLO CERÂMICO COMO OBJETIVO DE DIMINUIR A QUANTIDADE DE MATÉRIA-PRIMA

### RESUMO

Neste trabalho foi realizado a incorporação de RCD na massa cerâmica para produzir tijolos cerâmicos, visando propor uma opção de reutilização deste resíduo e economia da matéria prima argilosa. A metodologia experimental utilizada baseia-se no aproveitamento do RCD como material não plástico, com composição pré-estabelecida de 0 a 90% de RCD. O RCD foi triturado e misturado com a argila e água (8%). A mistura foi prensada em uma prensa hidráulica manual e seco por 24 horas em estufa a 110 °C, sendo queimada a 950°C. Observou-se que todos os corpos de prova obtiveram valores dentro dos limites estabelecidos pelas normas técnicas. Para resistência mecânica com composição com 10% de RCD apresentaram resistência à tração superior a 4 Mpa, sendo considerados a melhor composição. Os resultados mostram que é possível utilizar o RCD para produzir material cerâmico, proporcionando uma boa alternativa de reaproveitamento e economia de recursos naturais.

**Palavras-chave:** incorporação, resíduos de construção civil e demolição, tijolo cerâmico.

## I. INTRODUÇÃO

A construção civil é um importante segmento da indústria brasileira, tida com um indicativo de crescimento econômico e social. Contudo, está também se constituindo em uma atividade geradora de impactos ambientais [1]. Os resíduos da construção civil, são os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluindo os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis, são constituídos por restos de argamassa e concreto, materiais cerâmicos, metais, plásticos, madeiras, papéis e vidros. Os três primeiros, que normalmente são encontrados em maior volume, podem ser transformados em agregados para uso, por exemplo, em matrizes de solo-cimento, e a grande maioria dos outros resíduos pode ser separada do RCD e reciclada, as deposições irregulares e aterros clandestinos são comuns e provocam desperdício de materiais nobres e elevados dispêndios para as ações corretivas [2]. Atualmente, os Resíduos da Construção Civil e Demolição se tornaram um entrave para as empreiteiras, pois é de responsabilidade do gerador dar a destinação ambientalmente adequada [3].

Resolução CONAMA 307 Art. 3º: Os resíduos da construção civil deverão ser classificados, para efeito desta Resolução, da seguinte forma: I – Classe A – são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem, b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto, c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras; II – Classe B – são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso; III – Classe C – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; IV – Classe D – são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde [4].

A construção civil tem uma importante participação nos impactos causados ao meio, é um setor que consome grande parte dos recursos naturais, transforma ambientes naturais em ambientes construídos modificando a paisagem e é um grande gerador de resíduos [5]. As empresas de construção civil geram grandes quantidades de resíduos, estas podem por meio do gerenciamento das etapas de construção, reduzir as perdas e minimizar a geração dos resíduos, que podem ser reutilizados e reciclados, deixando de ser um problema econômico, social e ambiental, em Manaus a classificação dos resíduos gerados houve a maior geração de resíduos classe A com 77 e 67%, depois os resíduos classes B como 20 e 30% e os menos gerados foram os resíduos classe D com 3%, os dados mostram que grande parte dos resíduos gerados podem ser reutilizados e reciclados [5]. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, os resíduos da construção civil compõem cerca de 50 a 70% dos resíduos sólidos urbanos [6].

Os tijolos podem ser constituídos de diferentes materiais, sendo mais utilizados a cerâmica ou o concreto, ele deve ter características com um padrão determinado para sua eficiência, como apresentar resistência à compressão adequada, durabilidade frente aos agentes agressivos, dimensões uniformes e resistir ao fogo. Os tijolos de cerâmica são fabricados utilizando, principalmente, argilas de várzea, com alta plasticidade, misturadas com argilas menos plásticas e são moldados com arestas vivas e retilíneas e queimados (sinterizados) utilizando fornos simples que utilizam principalmente à lenha como combustível [2]. O sistema, para a obtenção de um produto cerâmico estrutural, o tijolo, pode ser dividido em cinco grandes fases. A extração da matéria-prima, a preparação da matéria-prima, a conformação, o tratamento térmico e produto [7]. Mais de 50% dos produtos fabricados são cerâmicas vermelhas estruturais, que são os tijolos de construção e acabamentos, azulejos, pisos, tijolos para pavimentação, telhas, tubulações e ladrilhos. Os produtos cerâmicos variam conforme as matérias-primas utilizadas, o tipo de queima e o tipo de produto desejado. Além de serem confeccionadas em altas temperaturas para ocorrer a sinterização das propriedades [8].

O resíduo sólido da construção civil e demolição, mostrou-se viável ao incorporar 30% a massa cerâmica, sem ocasionar grandes perdas de propriedades essenciais aos produtos cerâmicos [9]. O setor cerâmico tem um grande potencial em incorporar os rejeitos sólidos, principalmente, adicionando-os a massa cerâmica, de maneira que não afete as propriedades dos produtos confeccionados [10]. A incorporação na argila, ou misturas de argilas, de RCD, vem dando origem a tijolos, surge como uma das formas de reutilizar este resíduo [11]. A incorporação de resíduos na matriz cerâmica permite que a indústria tenha uma economia de matéria prima argilosa, que haja uma obtenção de produtos bons para o meio ambiente e, possivelmente, uma redução do consumo de energia [12]. Os objetivos principais deste trabalho é produzir um tijolo cerâmico com menor quantidade de matéria prima natural, encontrar uma utilização ou reutilização dos RCD.

## II. MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliar o desempenho dos corpos de prova, com substituição parcial por RCD, foi desenvolvida uma metodologia experimental:

- Inicialmente fez-se uma redução da granulometria de todo o resíduo recolhido para que, o tamanho do RCD se aproximasse ao das partículas de argila.
- Efetuaram-se as misturas para a elaboração dos corpos de prova de ensaio, incorporando o RCD nas percentagens 0% de RCD (somente argila), 0% de Argila (somente RCD), 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90%. De acordo com a norma M – CIENTEC – C – 018/1995 [13].
- Após a preparação das misturas realizou-se a queima dos corpos de prova a 950°C de acordo com a norma M – CIENTEC – C 027/1995 [14].
- Efetuou-se um ensaio de resistência à flexão de 3 pontos com o equipamento Prensa de Compressão e Tração com a velocidade de deformação 1,27 mm/min, anel 100kgf - M – CIENTEC – C 027/1995 [14].

- Ensaio de Determinação de Absorção de Água após Queima de acordo com a norma M – CIENTEC – C 022/1995 [15].
- Ensaio de Determinação de Contração Linear de Secagem de acordo com a norma M – CIENTEC – C 021/1995 [16].
- Ensaio de Determinação da Porosidade Aparente após Queima de acordo com a norma M – CIENTEC – C 023/1995 [17].
- Ensaio de Determinação da Massa Especifica Aparente após Queima de acordo com a norma M – CIENTEC – C 0224/1995 [18].
- Ensaio de Determinação da Contração Linear após Queima de acordo com a norma M – CIENTEC – C 026/1995 [19].
- Ensaio de Determinação da Perda ao Fogo de acordo com a norma M – CIENTEC – C 028/1995 [20].

Todos os corpos de prova tiveram uma massa total de 20 g, sem a adição de água. O RCD foi adicionado à argila, de acordo com as porcentagens atrás referidas em relação à massa total de argila sem a adição de água. Após a homogeneização e a realização das misturas (argila e RCD), adicionou-se 8% de água para fazer uma massa pastosa, de acordo com a com a norma M – CIENTEC – C – 018/1995, conforme mostra a Figura 1.

A mistura de argila, RCD e água foi colocada numa forma, previamente untada com óleo para auxiliar no desenformar, prensado a uma carga de 200 kgf/m<sup>2</sup> sobre o material do molde, realizando 6 corpos de prova por dosagem, colocando em uma bandeja metálica deixando secar ao ar por 24 horas e após em estufa elétrica a 110°C por 24 horas, conforme Figura 2, podendo proceder a queima a 950 °C durante 3 horas nesta temperatura conforme a norma M – CIENTEC – C 027/1995, conforme Figura 3.

A tensão de ruptura à flexão de 3 pontos com o equipamento Prensa de Compressão e Tração com a velocidade de deformação 1,27 mm/min, anel 100 kgf, conforme a norma M – CIENTEC – C 027/1995, conforme a Figura 4. Após o ensaio de resistência, pesaram-se os fragmentos dos corpos de prova, realizou o Ensaio de Determinação de Absorção de Água após Queima de acordo com a norma M – CIENTEC – C 022/1995, Ensaio de Determinação da Porosidade Aparente após Queima de acordo com a norma M – CIENTEC – C 023/1995, Ensaio de Determinação da Massa Especifica Aparente após Queima de acordo com a norma M – CIENTEC – C 0224/1995.



Figura 1: Corpos de Prova prensado antes da queima com 8% de água.

Fonte: Autor, (2019).



Figura 2: Prensa Hidráulica.

Fonte: Autor, (2019).



Figura 3: Material pronto para a queima a 950°C na Mufla.

Fonte: Autor, (2019).



Figura 4: Prensa de Compressão e Tração.

Fonte: Autor, (2019).

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A resistência mecânica é uma propriedade fortemente dependente da temperatura de queima, em geral o aumento da temperatura de queima, aumenta a resistência; isto se deve à presença de uma estrutura mais densa, menor porosidade [21]. As peças cerâmicas queimadas a 850, 950 e 1050 °C superaram a resistência mínima desejada para fabricação de peças como, tijolos de alvenaria, tijolos furado e telhas. A incorporação do

resíduo melhorou a resistência mecânica da argila. Isso ocorreu por causa da combinação de fatores como, redução da perda de massa durante a queima, atuação das partículas de compostos de ferro como inibidores de propagação de trinca ou grau de empacotamento a seco [22].

Para temperaturas de queima até cerca de 950 °C observa-se a existência de uma microestrutura porosa mais favorável para fabricar tijolos e blocos cerâmicos. De acordo com a literatura esses produtos por natureza devem ser notadamente mais porosos, para que eles possam ser usados no processo construtivo de forma adequada, entretanto temperaturas de queima acima de 950 °C a microestrutura é suave e mais densa, favorecendo a produção de telhas e tubos [23]. Segundo a NBR 15270-1, a resistência à compressão, a norma classifica os tijolos maciços VED15, cujos valores mínimos devem ser de 1,5MPa, VED30 é 3,0MPa, VED40 é 4,0 MPa, EST60 é 6,0MPa, EST80 é 8,0 MPa, EST100 é 10,0MPa, EST120 é 12,0MPa, EST140 é 14,0MPa, sendo VED de vedação e EST de estrutural [24].

A Figura 5 mostra as médias dos resultados dos ensaios de tração, para cada composição dos corpos de prova produzidos na temperatura de 950 °C. No que diz respeito à composição dos corpos de prova, quanto maior a concentração de RCD menor a resistência do material. Nesse caso, os resultados mostram que a adição de 5, 10, 20 e 30% de RCD ocorre um aumento maior na resistência a tração do material, com os valores de 15 a 9 MPa. Já adicionando RCD acima de 40 a 90% observa-se baixa resistência, porém ainda dentro do que recomendado na norma 15270-1 de 1,5 a 4,0MPa para tijolos de vedação, classe VED15 a VED40.

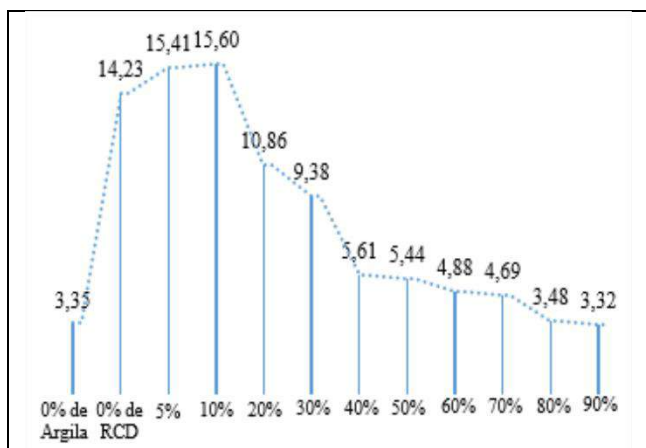


Figura 5: Tensão de Ruptura – Média (MPa) – Queima 950°C.  
Fonte: Autor, (2019).

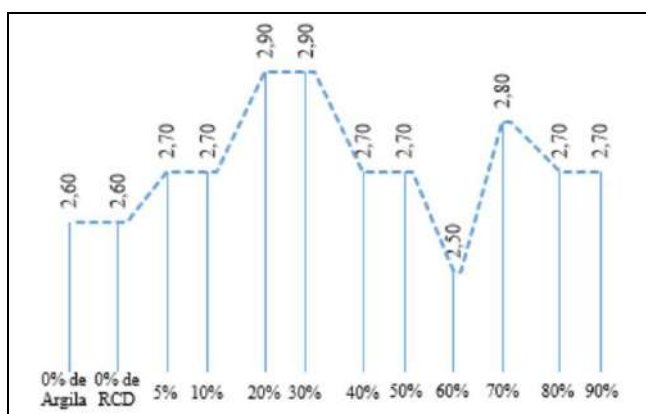


Figura 6: Massa Específica da Peça Sólida (Resultado em g/cm³).  
Fonte: Autor, (2019).

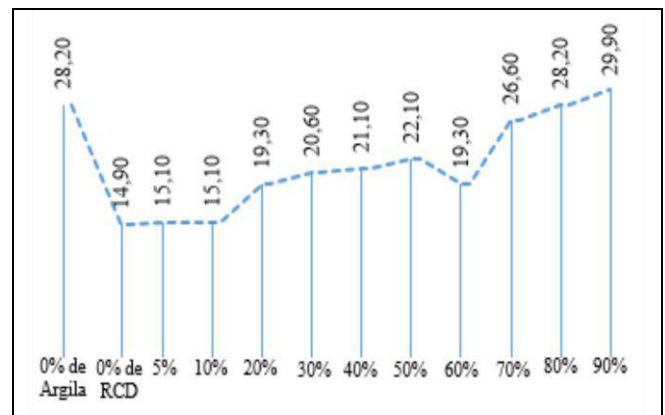


Figura 7: Absorção de Água (Resultado em %).  
Fonte: Autor, (2019).

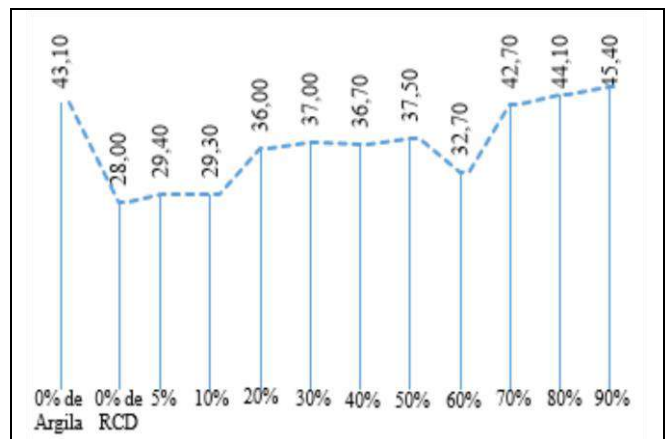


Figura 8: Porosidade Aparente (Resultado em %).  
Fonte: Autor, (2019).

Os resultados mostram que a massa específica aparente, porosidade aparente e absorção de água estão correlacionados entre si (Figuras 6, 7 e 8). À medida que a temperatura de sinterização aumenta, a massa específica aparente aumenta e a porosidade aparente com absorção de água diminuem. Isso ocorre porque durante a sinterização a porosidade dos corpos de prova tende a diminuir, aumentando, assim, a densidade e diminuindo a absorção de água [2].

A massa específica aparente está diretamente ligada à porosidade aparente e absorção de água das peças, sendo que quanto menores são esses valores, maior será os valores de massa específica aparente das peças queimadas. Quanto maior a densificação da matéria prima durante a queima, menos vazios existirão nas peças queimadas e maiores serão suas massas específicas [25].

A Figura 7 apresenta a absorção de água das massas cerâmicas queimadas a 950 °C em função do teor de resíduo de construção civil incorporado. Nota-se que há um aumento do teor de RCD e redução da absorção de água à medida que as porcentagens de incorporação aumentam de 70, 80 e 90%. Por outro lado, as misturas de 0% de RCD a 60% estão de acordo com a NBR 15270-1 para Bloco ou Tijolo de Vedação e Estrutural que estabelece valores de absorção de água de 8 a 25% e 8 a 21% como recomendadas. Os valores abaixo de 25%, valor máximo de absorção de água para tijolos maciços e blocos de cerâmica vermelha [25]. Entretanto, para teores maiores de incorporação a variação nos valores de absorção de água não foi significativa, uma vez que é possível associar a queda da resistência mecânica.



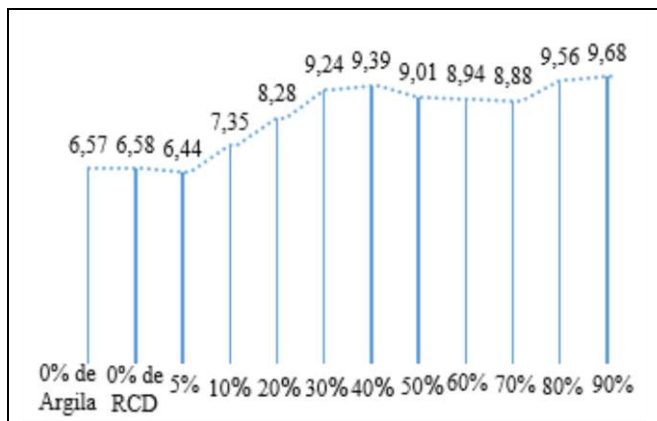


Figura 9: Percentagem da perda de Fogo a 950 °C.  
Fonte: Autor, (2019).

Analisando a Figura 9, observa-se que quanto maior for a quantidade de RCD adicionada na formulação mais alta é a perda ao fogo. Essa afirmação é mais evidente para a incorporação a partir da formulação de 30% de RCD. Uma explicação para o aumento da porcentagem de perda ao fogo está relacionada a elevada presença de C detectada na análise de fluorescência de raios – X [26]. As formulações 30 a 90% apresentaram elevada perda ao fogo, devido a uma provável taxa elevada de matéria orgânica ou calcária [27]. Na Figura 9 é possível notar que as formulações 0 a 20% tem uma baixa perda ao fogo. O que pode ser explicado pela presença de uma argila rica em quartzo e menos plástica. [27]. A retração linear de secagem que é uma propriedade importante para a determinação das dimensões do produto, bem como está relacionado ao grau de sinterização do material [28], foi 3,3% para as formulações cerâmicas queimadas em 950 °C. Deve ser mencionado que o índice médio de retração linear de secagem está no intervalo recomendado de 3 a 8% para peças conformadas no estado plástico (por extrusão) [29].

Os resultados indicam que é possível a utilização do RCD com esta argila para a produção de tijolos cerâmicos, obtendo-se um material cerâmico com boas propriedades físicas, principalmente para os corpos de provas com 10% de RCD e temperatura de queima de 950 °C. Essa incorporação mostrou ter excelentes propriedades, podendo ser considerada uma composição e temperatura ideal. Essa afirmação tem como base a composição mineralógica do RCD. De acordo com a literatura o RCD usado neste trabalho é constituído principalmente de quartzo, material não plástico, material arenoso, com partículas finas não plásticas [30].

#### IV. CONCLUSÃO

Diante dos resultados expostos na presente pesquisa, conclui-se que o bloco/tijolo cerâmico produzido com o reaproveitamento de RCD, adicionando 10% de RCD apresenta esta resistência elevada, sendo desta forma a composição mais indicada para a produção de tijolos cerâmicos. A incorporação do resíduo em até 90% de RCD atuou no aumento significativo da resistência mecânica, embora, todas as formulações tenham alcançado a resistência mínima desejada para fabricação de peças conforme a norma. Conclui-se que, tecnicamente há um grande potencial para a reutilização de RCD na produção de blocos/tijolos cerâmicos, tornando-se sua utilização real para uma destinação de forma sustentável desses resíduos, podendo ser fabricado e comercializado em escala industrial.

#### V. AGRADECIMENTOS

Agradeço aos laboratórios: Laboratório de Pavimentação (LPAV) da Universidade Federal do Amazonas; Laboratório de Mecânica dos Solos do Centro Universitário do Norte (UNINORTE). Ao meu orientador Genilson Santana pelo apoio e orientação. Ao meu noivo Eduardo Mafra e a minha mãe Jocilene Matuti por todo apoio e compreensão.

#### VI. REFERÊNCIAS

- [1] Pinto, T. P.; Gonzáles, J. L. R. Manejo e gestão de resíduos da construção civil. Brasília: CEF, 2005.
- [2] Gaspareto, M. G. T. Utilização de Resíduo de Construção Civil e Demolição (RCD) como Material não Plástico para a Produção de Tijolos Cerâmicos. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Presidente Prudente, SP. 2017.
- [3] Portal Resíduo Sólido. Classificação dos Resíduos da Construção Civil no Brasil. 2015. Disponível em <<https://portalresiduossolidos.com/classificacao-dos-residuos-da-construcao-civil-no-brasil/>>. Acesso: 26 de março de 2019.
- [4] Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n. 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. 2002.
- [5] Silva, A. S. Da. Gestão de resíduos sólidos na construção civil: Estudo de caso em duas empresas na Cidade de Manaus – AM. Faculdade Salesiana Dom Bosco. Julho. 2017.
- [6] IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil. Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012.
- [7] Motta, J., Cabral Jr, M., Tanno, L.C., Zanardo, A. As Matérias-Primas Cerâmicas. Parte I: O Perfil das principais Industrias Cerâmicas e seus Produtos in Cerâmica Industrial. Cerâmica Industrial. 2001.
- [8] Callister JR., W. D. Ciência e engenharias de materiais: uma introdução. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- [9] Santos, R. R. Dos. Incorporação de resíduos sólidos como alternativa para diminuir a quantidade de utilização da argila na confecção de produtos cerâmicos. XXV Seminário de Iniciação Científica. Santa Rosa, RS. 2017.
- [10] Cruz, F. J. R. Utilização da cinza de aveloz de fornos cerâmicos para a produção de tijolos e telhas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, 2012.
- [11] Azevedo, E. Incorporação de resíduos de construção e demolição em blocos maciços de argila. Artigo. Porto. 2014.
- [12] Lucas, D., Benatti, C. Utilização de resíduos Industriais para a Produção de artefactos cimentícios e argilosos empregados na

construção civil. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente. 2008.

[13] M – CIENTEC – 018. Preparação de Corpos-de-Prova por Prensagem a Seco. 1995.

[14] M – CIENTEC – 027. Determinação da Tensão de Ruptura a Flexão após Queima. Materiais Cerâmicos. 1995.

[15] M – CIENTEC – 022. Determinação de Absorção de Água após Queima. Materiais Cerâmicos. 1995.

[16] M – CIENTEC – 021. Ensaio de Determinação de Contração Linear de Secagem. 1995.

[17] M – CIENTEC – 023. Ensaio de Determinação da Porosidade Aparente após Queima. 1995.

[18] M – CIENTEC – 024. Ensaio de Determinação da Massa Específica Aparente após Queima. 1995.

[19] M – CIENTEC – 026. Ensaio de Determinação da Contração Linear após Queima. 1995.

[20] M – CIENTEC – 028. Ensaio de Determinação da Perda ao Fogo. 1995.

[21] Zanotto, E. D.; Migliori, A. R. (1991). Propriedades mecânicas de materiais cerâmicos: Uma introdução. *Cerâmica*, 37 (274) janeiro/fevereiro.

[22] Vieira et al., (2011). Reciclagem de material particulado de uma planta de sinterização de uma siderúrgica em cerâmica vermelha. *Tecnol. Metal. Mater. Miner.*, São Paulo, v. 8, n. 4, p. 243-247.

[23] B. C. A. Pinheiro, J. N. F. Holanda. Efeito da temperatura de queima em algumas propriedades mecânicas de cerâmica vermelha. Universidade Estadual do Norte Fluminense, CCT-LAMAV, Grupo de Materiais Cerâmicos, Av. Alberto Lamego 2000, Campos dos Goytacazes, RJ.

[24] ABNT NBR15270-1 de 11/2017. Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 1: Requisitos. 2017.

[25] B. C. Santis. Caracterização de massas cerâmicas do estado de S. Paulo para produção de agregados leves para concreto. Instituto de Arquitetura e Urbanismo de S. Carlos - USP, S. Carlos, SP. 2013.

[26] Mendonça, G. C. Análise da perda ao fogo de corpos de prova cerâmicos Formulados com cinza leve proveniente da gaseificação do carvão Mineral pulverizado. Universidade Federal do Pampa. 2017.

[27] Paschoal, J.A.A. Estudos de parâmetros de qualidade para a cerâmica estrutural vermelha. 2004. 188 p. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós graduação em Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

[28] G. F. Morete, R. P. R. Paranhos, J. N. F. Holanda. Avaliação de Algumas Propriedades Físico-Mecânicas de Corpos Cerâmicos Incorporados com Resíduo de Escória de Soldagem. Laboratório de Materiais Avançados - LAMAV – CCT/UENF. Campos dos Goytacazes, RJ. 2006.

[29] Collatto, D. Utilização de resíduo proveniente da estação de tratamento de efluentes de indústria de papel como matéria-prima na fabricação de cerâmica vermelha. 2008. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) -- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2008.

[30] Matuti, B. B. Compatibilidade do resíduo de construção civil e demolição na produção de tijolo cerâmico. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil. 2019.