



Analysis of production capacity in a line of zinc through process simulation as a support tool for decision making

*Jandecy Cabral Leite Junior¹; Cristiano Magalhães da Silva²; Leandro Harraquian²

1- Graduando em Engenharia de Produção pelo Instituto de Ensino Superior FUCAPI.

2 – Professores do curso de graduação em Engenharia de Produção pelo Instituto de Ensino Superior FUCAPI.

*juniorcabral929@hotmail.com; cristianomagalhaessilva@yahoo.com.br; llharraquian@gmail.com

ABSTRACT

This article aims to conduct a study of the productive capacity of a galvanizing line in a electroplating factory of the industrial pole of Manaus (PIM). The production capacity was measured by a computer simulation performed in a virtual environment using a specific software (plant simulation) to generate a report on system performance. The materials and methods were used by computer simulation in which it was possible to identify bottlenecks, process efficiency and the daily production capacity of the Zinc bath service. The search results are open to discussions on the influence of knowledge of the installed production capacity in relation to the decision-making process of the company on the maximum achievable demand and become increasingly competitive in the global market.

Keywords: Process, production capacity, computer simulation and bottlenecks.

Análise da capacidade produtiva em uma linha de zincagem através de simulação de processos como ferramenta de apoio para tomada de decisão

RESUMO

Este artigo tem como objetivo realizar um estudo da capacidade produtiva de uma linha de zincagem em uma fábrica de galvanoplastia do polo industrial de Manaus (PIM). A capacidade produtiva foi medida através de uma simulação computacional realizada em um ambiente virtual utilizando um software específico (*plant simulation*) para gerar um relatório sobre o desempenho do sistema. Os materiais e métodos foram utilizados por meio da simulação computacional no qual foi possível identificar os gargalos, a eficiência do processo e a capacidade produtiva diária do serviço de banho de zinco. Os resultados da pesquisa estão abertos a discussões sobre a influência do conhecimento da capacidade produtiva instalada em relação ao processo de tomada de decisão da empresa sobre a demanda máxima atingível e tornar-se cada vez mais competitiva no mercado global.

Palavras chave: Processo, capacidade produtiva, simulação computacional e gargalos.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente as empresas de manufatura e serviços estão empregando novas tecnologias em seus processos objetivando um aumento na produtividade, redução de custos e melhoria de processos. A capacidade produtiva de uma empresa está relacionada aos recursos necessários para a fabricação de um bem ou serviço, dentro de um determinado intervalo de tempo estabelecido pelo cliente ou empresa através do processo produtivo.

É muito importante para um gestor conhecer os principais indicadores relacionados à produtividade e qualidade, que certamente irão ajudar em uma tomada de decisão ou na solução de um problema. O estudo da capacidade produtiva demonstra a situação atual da empresa e avalia se a demanda pode ser atendida dentro de um prazo determinado.

O uso da simulação de processos em empresas de manufatura, serve como apoio na tomada de decisão, principalmente quando há a necessidade de um aumento da capacidade produtiva instalada devido à um aumento da demanda.

O objetivo da simulação é demonstrar um evento real e avaliar seu comportamento através da capacidade de operação de um determinado sistema, buscando assim conhecer os possíveis resultados no futuro através de uma simulação computacional.

A simulação é o “processo de elaboração de um modelo de um sistema real (ou hipotético) e a condução de experimentos com a finalidade de entender o comportamento de um sistema ou avaliar sua operação” [1].

A simulação permite analisar o processo de um sistema de manufatura, conhecendo as variáveis que compõem todo sistema produtivo, bem como a eficiência de cada posto de trabalho, produtividade, recursos utilizados, e possíveis gargalos, etc.

Este trabalho tem como objetivo simular um processo produtivo de uma empresa do PIM, especificamente na linha de zincagem, objeto de estudo deste trabalho, com o intuito de obter informações sobre o desempenho do sistema, identificando gargalos, calculando a eficiência do processo e sua capacidade máxima diária de produção utilizando os recursos disponíveis para o apoio na tomada de decisão.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A teoria das restrições foi desenvolvida pelo físico israelense Eliyahu Moshe Goldratt no livro *A Meta*, a chamada Teoria das Restrições (no inglês Theory of Constraints ou TOC) é uma filosofia de negócios que se baseia na existência de *restrições* ou *gargalos*.

Um gargalo é um recurso dentro do sistema de produção cuja capacidade é menor ou igual à demanda alocada para esse recurso. De acordo com a bibliografia pesquisada, os conceitos desta teoria foram desenvolvidos na década de 70.

“A Teoria das Restrições é baseada no princípio de que existe uma causa comum para muitos efeitos, de que os fenômenos vistos são consequência de causas mais profundas, encara qualquer empresa como um sistema, isto é, um conjunto de elementos entre os quais há alguma relação de interdependência. Cada elemento depende de esforços conjuntos de todos os seus elementos” [2].

“... a Teoria das Restrições objetivas compor uma sistemática de auxílio na tomada de decisões relacionadas à maximização do ganho através da otimização da produção” [3].

II.1 MAPEAMENTO DE PROCESSOS

Um processo é um grupo de atividades realizadas numa sequência lógica com o objetivo de produzir um bem ou um serviço que tem valor para um grupo específico de clientes [4].

O Mapeamento de Processo é uma ferramenta gerencial e de comunicação que tem a finalidade de ajudar a melhorar os processos existentes ou de implantar uma nova estrutura voltada para processos.

O mapeamento auxilia a empresa a enxergar claramente os pontos fortes e fracos (pontos que precisam ser melhorados tais como: complexidade na operação, reduzir custos, gargalos, falhas de integração, atividades redundantes, tarefas de baixo valor agregado, retrabalhos, etc.

II.2 FLUXOGRAMA E SIMBOLOGIA

O fluxograma é um diagrama utilizado para representar a sequência dos processos, através de símbolos. Os símbolos do fluxograma proporcionam uma melhor visualização do funcionamento do processo, ajudando no seu entendimento.

No gerenciamento de processos, o fluxograma tem como objetivo garantir a qualidade e aumentar a produtividade, através da documentação do fluxo das atividades, utilizando diversos símbolos diferentes para identificar os diferentes tipos de atividades. Com o fluxograma é possível identificar restrições no sistema e propor sugestões de melhoria. As melhorias podem estar relacionadas ao tempo, custo, método, sequenciamento, qualidade, etc.

II.2 SIMBOLOGIA DO FLUXOGRAMA

Os símbolos utilizados nos fluxogramas têm por objetivo evidenciar origem, processo e destino da informação escrita e/ou verbal componente de um sistema administrativo. A figura 1 mostra a simbologia do fluxograma de processo.








| | |
|---|--|
|  | Indica o início ou fim do processo |
|  | Indica cada atividade que precisa ser executada |
|  | Indica um ponto de tomada de decisão |
|  | Indica a direção do fluxo |
|  | Indica os documentos utilizados no processo |
|  | Indica uma espera |
|  | Indica que o fluxograma continua a partir desse ponto em outro círculo, com a mesma letra ou número, que aparece em seu interior |

Figura 1: Simbologia do fluxo do processo.

Fonte: <http://www.blogdaqualidade.com.br/fluxograma-de-processo/2015>.

II.3. INDICADORES DE QUALIDADE

Os Indicadores da Qualidade, ou Indicadores da Satisfação dos Clientes, medem como o produto ou serviço é percebido pelo cliente e a capacidade do processo em atender aos requisitos dos clientes. Podem ser divididos em dois tipos: Indicadores da Não-Qualidade e Indicadores da Qualidade. Estes indicadores são medidos de duas formas: pelo índice de defeitos ou pelo índice de qualidade conforme as fórmulas abaixo:

$$\text{Índice de Qualidade} = \text{Total produzido} \frac{\text{conforme}}{\text{Total}} \text{produzido} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Índice de defeito} = \text{Total produzido não} \frac{\text{conforme}}{\text{total}} \text{produzido} \times 10 \quad (2)$$

II.4. INDICADORES DE PRODUTIVIDADE

Os Indicadores de Produtividade estão ligados à eficiência dentro dos processos e tratam da utilização dos recursos para a geração de produtos e serviços. Medir o que se passa no interior dos processos e atividades permite identificar problemas e, conseqüentemente, preveni-los para que não tragam prejuízos aos clientes. Estes fatores obrigam as organizações a melhorar continuamente seus processos e produtos, garantindo que os mesmos atendam e superem as expectativas dos clientes [5].

$$\text{Produtividade} = \text{Total Produzido} / \text{Total de Recursos Utilizados} \quad (3)$$

II.5. TEMPOS E MÉTODOS

O estudo de tempos foi originado por Taylor no início do século vinte e é usado para estabelecer tempos-padrão para a *performance* no trabalho, sendo que estes incluem tolerâncias para pausa e descanso [6].

Logo, o tempo-padrão para cada elemento é constituído por duas partes, que são: o tempo básico (1), tempo levado por um trabalhador qualificado, que faz um trabalho qualificado com desempenho padrão; e a tolerância (2), concessões acrescentadas ao tempo básico para permitir descanso, relaxamento e necessidades pessoais [7].

II.5.1 LAYOUT, TEMPO DE CICLO E TEMPO PADRÃO

O *layout* é um estudo sobre a linha de produção, com a finalidade de facilitar as atividades operacionais, visando sempre o melhor fluxo de produção. Esta linha demanda sobre a organização de máquinas, bancadas e o fluxo dos lotes durante o processo e de todo o equipamento de produção de forma racional e econômica que se chama *layout*. Quando se estabelece um tempo-padrão para uma tarefa, o operador deverá executar a operação exatamente como especificada no registro do método padronizado ou na folha de instruções [8].

Tempo de Ciclo é o tempo máximo permitido a uma estação de trabalho de uma linha de montagem para concluir um conjunto de tarefas determinadas, ou seja, expressa a frequência que um componente do produto deverá sair da linha, ou em outras palavras, o intervalo de tempo entre dois componentes consecutivos. O tempo de ciclo é expresso como [9]:

$$TC = \text{Tempo de produção} / \text{quantidade produzida no tempo de produção} \quad (4)$$

O tempo padrão é o somatório dos tempos individuais de cada processo, ou seja, é o tempo necessário para que se produza um bem ou serviço. A fórmula do tempo padrão é expressa da seguinte forma [10]:

$$Tp = Op1 + Op2 + Op3 + \dots + Opn \quad (5)$$

Onde: Tp – Tempo Padrão

Op – Operação

II.5.2. CAPACIDADE PRODUTIVA

Chamamos de capacidade à quantidade máxima de produtos e serviços que podem ser produzidos numa unidade produtiva, num dado intervalo de tempo. O Sistema Toyota de Produção é “80% eliminação de perdas, 15% um sistema de produção e apenas 5% o Kanban” [11]. Nessa definição já é possível perceber qual o grande foco do Sistema: a eliminação das perdas. As perdas são atividades realizadas que geram custos e não agregam valor, necessitando assim serem eliminadas [12].

Para o cálculo da capacidade produtiva da linha de zinco será considerado o regime de um turno de trabalho e o resultado da equação será interpretada como a capacidade produtiva diária através das seguintes fórmulas:

$$\text{Capacidade Produtiva} = \text{Tempo disponível} / \text{Tempo de ciclo} \quad (6)$$

$$\text{Utilização} = \text{Índice de Produção Média} / \text{Capacidade Máxima} \times 100 \quad (7)$$

II.6. SIMULAÇÃO DE PROCESSOS

Existem diversas definições para a simulação, dentre elas podemos citar a de [13] que diz “a simulação é um processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação”.

A simulação de processos auxilia os gestores na tomada de decisão, em relação à capacidade produtiva instalada, recursos disponíveis, estudo da viabilidade técnica e econômica, aumento ou diminuição da demanda, balanceamento de linha, entre outras inúmeras razões e justificativas para a utilização da simulação no processo decisório.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

A classificação quanto à forma de abordagem da pesquisa é definida como quali-quantitativa, pois foram utilizados recursos, técnicas estatísticas, gráficos, entrevistas e coleta de dados com o objetivo de obter opiniões ou informações sobre o comportamento do sistema [14].

III.1. CLASSIFICAÇÃO QUANTO AOS FINS E AOS MEIOS

Em relação ao objetivo desta pesquisa, a mesma é classificada da seguinte forma: Exploratória, Descritiva, Metodológica e Pesquisa Aplicada. Em relação aos meios, esta pesquisa é definida como um estudo de caso, ou seja, aplicação prática de conhecimentos científicos em busca de uma explicação para um determinado fenômeno em um ambiente específico [15].

III.2. POPULAÇÃO E AMOSTRA DA PESQUISA

Em relação à empresa estudada, a população é de 60 funcionários, 10 tipos de serviços diferentes, aproximadamente 200 tipos de peças processadas na linha de zinco e cerca de 150 clientes fixos. A amostra desta pesquisa é uma parte de todo o

Ed. 0003. VOL 001 – ISSN 2447-0228 (online)

sistema produtivo e o subconjunto selecionado para a amostra, é o processo de pré-tratamento e zincagem, incluindo todas as etapas de cada operação, funcionários envolvidos diretamente no processo e uma peça específica de um cliente da empresa [16].

III.3 ORIGEM, FORMATO E COLETA DOS DADOS

A origem dos dados para a realização deste estudo foi levantada a partir da observação no processo produtivo de pré-tratamento e zincagem, em todas as operações. Os dados são classificados de forma quantitativa e qualitativa, pois foram utilizadas técnicas estatísticas, gráficos, dados numéricos e recursos que auxiliaram na interpretação dos dados. O levantamento de dados foi realizado no período entre março de 2015 e junho de 2015. Os dados referentes ao processo são: Turno de trabalho, Tempo de Trabalho Efetivo, Demanda diária, Quantidade processada em cada operação, Capacidade dos dispositivos (gancheiras e baldes), 1 peça estudada e quantidade de operações.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

IV.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE ZINCAGEM

O processo de zincagem em peças de metal passa por cerca de 20 a 25 operações desde o recebimento até a embalagem final, dependendo do tipo de zincagem. A empresa oferece 3 tipos de banho de zinco: Branco, Amarelo e Preto.

O presente estudo trata apenas do zinco branco, pois a peça estudada passou pelo processo zincagem branca trivalente com selante. As operações do processo de zincagem branca trivalente com selante podem ser visualizadas de uma maneira sistêmica através de um fluxograma do processo como mostra a figura 2.

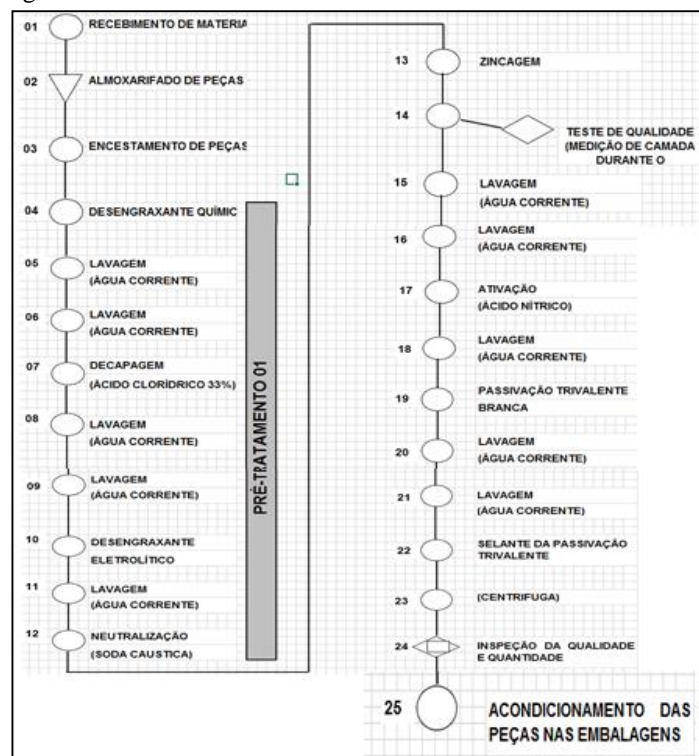


Figura 2: Fluxograma do Processo de zincagem branca trivalente. Fonte: Empresa estudada.

IV.2 FOTOS DO PROCESSO DE ZINCAGEM

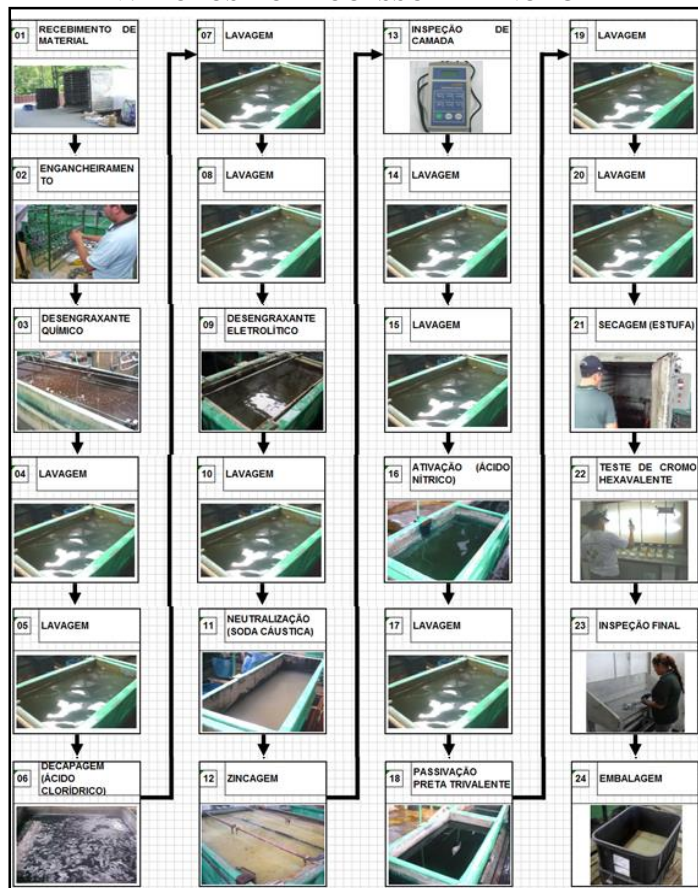


Figura 3: Foto das etapas do processo de zincagem.

Fonte: Empresa estudada.

IV.3 DESCRIÇÃO DA PEÇA E DISPOSITIVO

Após a chegada das peças, são verificadas as condições físicas em que elas se encontram, como por exemplo: óleo, ferrugem, oxidação, etc. O dispositivo utilizado no processo de zincagem é a gancheira, possuindo capacidade de armazenamento de 80 unidades do modelo HCJ04. As figuras 4 e 5 abaixo mostram a peça estudada o dispositivo utilizado nas operações de Pré – tratamento e zincagem branca trivalente.



Figura 4: HCJ04
Fonte: Cliente da empresa estudada.

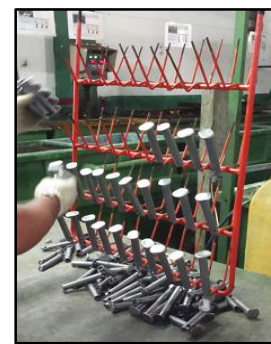


Figura 5: Gancheira
Fonte: Empresa estudada.

O preço do serviço de zincagem branca trivalente é vendido de acordo com o peso e o diâmetro das peças que irão

passar pelos tanques de galvanoplastia. As especificações técnicas da peça tais como: Comprimento, diâmetro, Raio, Área, Peso (massa) e Volume são fornecidas pelo cliente.

- ✓ Área externa $A = 58 \text{ cm}^2$
- ✓ Área interna $A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h = 45,2 \text{ cm}^2$
- ✓ Volume $V = \pi \cdot r^2 \cdot H = 13,56 \text{ cm}^3$
- ✓ Peso 100 gramas
- ✓ Raio $r = D/2 = 0,6 \text{ cm}$
- ✓ Diâmetro $D = 2 \cdot r = 1,2 \text{ cm}$
- ✓ Comprimento = 12,3 cm

IV.4 COLETA DOS TEMPOS DE CICLO DAS OPERAÇÕES DE ZINCAGEM

O tempo de ciclo foi calculado em função da demanda diária e o tempo disponível durante o turno. O tempo disponível considera um turno de 8 horas de trabalho e a demanda é de 2300 peças por dia. A unidade de medida do tempo de ciclo adotada é em segundos. A fórmula do cálculo do tempo de ciclo é:

$$Tc = \text{Tempo Disponível} / \text{Demanda} \quad (6)$$

Onde:

$$Tc = 8 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos} \times 60 \text{ segundos} / 2300$$

$$TC = 12,5 \text{ segundos/peça}$$

A coleta dos tempos de ciclos individuais de cada operação foi realizada em um turno de trabalho. Os tempos de ciclos abaixo representam a média aritmética de 10 amostras coletadas de cada operação, com exceção do recebimento de material que foi realizada apenas uma coleta. A tabela 1 apresenta os tempos os ciclos de operações em segundos.

Tabela 1: Tempo de ciclo das operações

| Sequencia | Operação | Tempo de ciclo em seg. |
|-----------|------------------------------|------------------------|
| 1 | Recebimento do Material | 600 |
| 2 | Engancheamento | 75 |
| 3 | Desengraxante Quimico | 300 |
| 4 | Lavagem (água suja) | 4 |
| 5 | Lavagem (água limpa) | 5 |
| 6 | Decapagem Acida | 300 |
| 7 | Lavagem (agua suja) | 4 |
| 8 | Lavagem (agua limpa) | 5 |
| 9 | Desengraxante eletrolitico | 30 |
| 10 | Lavagem | 5 |
| 11 | Neutralização | 60 |
| 12 | Zincagem (tanque 1) | 900 |
| 13 | Zincagem (tanque 2) | 900 |
| 14 | Zincagem (tanque 3) | 900 |
| 15 | Lavagem (agua suja) | 5 |
| 16 | Lavagem (agua limpa) | 5 |
| 17 | Ativação | 60 |
| 18 | Lavagem | 5 |
| 19 | Passivação branca trivalente | 60 |
| 20 | Lavagem (agua suja) | 4 |
| 21 | Lavagem (agua limpa) | 5 |
| 22 | Selante | 5 |
| 23 | Secagem (estufa) | 180 |
| 24 | Inspeção final | 300 |
| 25 | Embalagem | 120 |

Fonte: O autor.

IV.5. SIMULAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE ZINCAGEM

De acordo com os tempos de ciclo coletados em cada operação, foi possível realizar uma simulação do processo produtivo da linha de zinco, através de um software computacional (*plant simulation*), avaliar o desempenho das operações, medir a eficiência dos processos e a capacidade produtiva máxima [17].

Na aplicação foi possível construir, executar e avaliar modelos de simulação baseados em eventos discretos em uma empresa do PIM. Nesta simulação foram estudados os objetos como, estações de trabalho (*SingleProc, Assembly*), posto de trabalho (*Workplace*), operadores (*Worker*), turnos de trabalho (*ShiftCalendar*), fluxo de informações (*TableFile, TimeSequence*), interface utilizada (*Display, Chart, Comment*) fluxo de materiais (*Sankey Diagramm*), estações de transferência (*TransferStation*), análise de gargalos (*Bottleneck Analyzer*).

Também foram discutidos lógicas de programação (*methods*) feitos nesta simulação. O *layout* do processo de zincagem e o gráfico de balanceamento foram desenvolvidos em ambiente virtual através da utilização de um software de simulação de processos (*plant simulation*) para atingir os objetivos da pesquisa. A figura 6 mostra o *layout* e o gráfico da linha de zincagem.

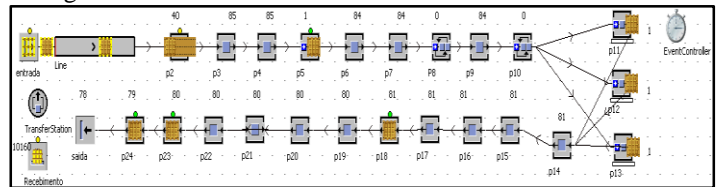


Figura 6: *Layout* do processo e gráfico de balanceamento. Fonte: PLM, SIEMENS, 2015.

IV.6. RESULTADO DA SIMULAÇÃO

A eficiência do processo foi calculada por meio da simulação computacional e foi gerado um gráfico de balanceamento de cada operação e os gargalos da linha de zincagem foram identificados. A figura 7 mostra o balanceamento de cada operação do processo zincagem branca trivalente.

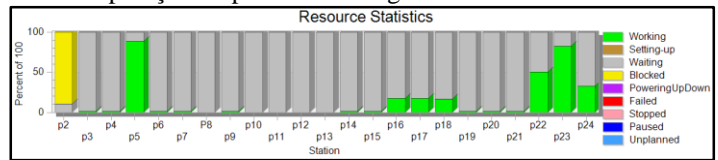


Figura 7: Gráfico de balanceamento das operações de zincagem branca trivalente. Fonte: PLM, Siemens, 2015.

A figura 8 mostra relatório do desempenho do processo produtivo de zincagem branca trivalente.

| .Models.Frame | | | | | | | |
|---|-----------|----------------|------------|-----|------------|-----------|-----------------------------|
| Simulation time: 8:00:00.0000 | | | | | | | |
| Cumulated Statistics of the Parts which the Drain Deleted | | | | | | | |
| Object | Name | Mean Life Time | Throughput | TPH | Production | Transport | Storage Value added Portion |
| saida | Ganchelra | 53:24.5726 | 78 | 10 | 34.87% | 18.32% | 46.81% 25.81% |

Figura 8 – Relatório de desempenho. Fonte: PLM, Siemens, 2015.

Por meio da simulação do processo produtivo da linha de zincagem na empresa de galvanoplastia, chegamos aos seguintes resultados:

- ✓ 78 gancheiras com capacidade de 80 peças do modelo HCJ04 em cada gancheira totalizando a capacidade produtiva instalada de 6240 peças durante um turno de trabalho de 8 horas;
- ✓ Tempo padrão – 53:24.5726 minutos;
- ✓ Gargalos – Posto 2 – Desengraxante Químico;
- ✓ Produtividade – 34,87%
- ✓ Eficiência de 46,81% do sistema.

V. CONCLUSÃO E SUGESTÕES DE MELHORIAS

A simulação de processos da linha de zincagem da empresa de galvanoplastia localizada no PIM, chega-se a uma conclusão simples. A simulação auxilia no planejamento da produção, pois neste caso tornou-se possível conhecer o processo inteiro, através do mapeamento e simulação do desempenho de cada operação na linha de zinco e também foi identificado um gargalo na operação de desengraxante Químico no processo produtivo de Pré-tratamento de superfície. A simulação de processos como ferramenta de apoio à tomada de decisão foi comprovada através dos resultados obtidos. Com o conhecimento da sua real capacidade produtiva, a empresa pode planejar melhor a produção, conquistar novos clientes ou balancear a linha com objetivo de aumentar sua capacidade. Embora os objetivos da pesquisa tenham sido alcançados, não foi implantada nenhuma solução para a eliminação do gargalo encontrado devido à redução da demanda dos clientes da empresa, em específico o modelo HCJ04, que tem uma produção diária de 2300 peças por turno de trabalho, ou seja, 36,86% de sua capacidade produtiva para o modelo HCJ04, porém seguem abaixo algumas sugestões de melhoria:

- ✓ Balanceamento das operações com objetivo de aumentar a capacidade produtiva instalada;
- ✓ Caso haja um aumento da demanda, eliminar o gargalo do posto 2, através da aquisição de outro tanque para a atividade de desengraxante químico e um tanque para a operação de Decapagem ácida;
- ✓ Divisão do trabalho (Reestruturar os postos de trabalho);
- ✓ Elaborar documentos de controle estatístico da qualidade;
- ✓ Semi-automatizar a linha de zincagem.

VI. AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, Jesus Cristo e minha família pela oportunidade, ao Instituto de Ensino Superior FUCAPI, a Coordenação e aos professores do Curso de Engenharia de Produção, pelo apoio à pesquisa.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Shannon, R.E. 1975. **Systems Simulation the Art and Science**, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.

[2] Corbett Neto, T. **Contabilidade de ganhos: a nova contabilidade gerencial de acordo com a teoria das restrições**. São Paulo: Nobel, 1997.

[3] Oenning, V.; Rodrigues, L.H.; Cassel, R.A. & Antunes Junior, J.A.V. **Teoria das restrições e programação linear: uma análise sobre o enfoque da otimização da produção**. In: XIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. (2004).

[4] Hammer, Michael, Champy, James. **Reengineering the corporation**. New York: HarperBusiness, 1994.

[5] Pinto, Silvia Helena Boarin. Carvalho, Marly Monteiro. HO. Linda Lee. **Implementação de um programa de qualidade: um survey em empresas de grande porte no Brasil**. Gestão e Produção, v. 13, p. 191- 203, maio-ago 2006. Disponível em: Acesso em 25 fev 2008.

[6] Turner, Wayne C. & Mize, Joe H. & Case, Kenneth E. & Nazemetz John W. (1993). **Introduction to Industrial and Systems Engineering**. 3ª ed. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.

[7] Gaither, N.; Frazier, G. **Administração da Produção e operações**. 8. ed. Editora Pioneira, São Paulo, 2005.

[8] Slack, N.; Chambers, S. & Johnson, R. **Administração da Produção**. 3. ed. Editora Atlas, São Paulo, 2009.

[9] Barnes, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: Projeto e medida do trabalho**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

[9] Toledo, I.F.B. **Cronoanálise**. São Paulo 8º Ed. Assessoria Escola Editora, 2004a.

[10] **Tempos & Métodos**. São Paulo 8º Ed. Assessoria Escola Editora, 2004b.

[11] Shingo, Shigeo. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. trad. Eduardo Schaan. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Bokman, 1996.

[12] Ohno, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. Tradução de Cristina Schumacher. Por to Alegre: Bookman, 1997.

[13] Pedgen, C.D.; Shannon, R.E.; Sadowski, R.P. **Introduction to Simulation Using SIMAN**. McGraw-Hill, NY, 2. ed., 1990.

[14] Yin, Robert K. **Estudo de caso – Planejamento e Métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

[15] Gil, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. Editora Atlas, São Paulo, 2002.

[16] Fachin, Odília. **Fundamentos de metodologia**. São Paulo: Saraiva. 2001.

[17] Plant Simulation. **Visão Geral do Produto**. Disponível em: <http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/plant_desig/plant_simulation.shtml>. Acesso em 2 de maio de 2015.