

## APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO JUNTO COM PLI (PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA) EM UMA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA

Laerte José Fernandes, laerte.fernandes@villares.com.br<sup>1</sup>

Luis Alberto Óses Rodriguez, luis.redriguez@villares.com.br<sup>2</sup>

Anderson Correia, anderson.correia@anac.gov.br<sup>1</sup>

Fernando Augusto Silva Marins, fmarins@feg.unesp.br<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ITA – Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 Vila das Acácias – CEP 12228-900 – São José dos Campos – S.P.

<sup>2</sup>DPD-FEG-UNESP – Av. Ariberto Pereira da Cunha, 333 Pedregulhos – CEP 12516-430 – Guaratinguetá – S.P.

**Resumo:** Este trabalho apresenta um modelo de simulação para um estudo de caso na unidade de cilindros para laminação de Aços Villares S.A. O trabalho teve como finalidade alcançar um melhor gerenciamento da área/equipamento gargalo da linha de produção. A simulação atuou em conjunto com um modelo de otimização PLI (Programação Linear Inteira) desenvolvido anteriormente, com a finalidade de melhorar o atendimento de prazo junto aos clientes. Como resultado, tem-se a otimização processo produtivo, com foco no gerenciamento da restrição, que ocasiona a redução das filas de espera e do leadtime, melhorando o atendimento ao cliente em uma produção não seriada.

**Palavras-chave:** modelo de simulação, cilindros de laminação, produção não seriada.

### 1. INTRODUÇÃO

O cenário atual de intensa competitividade entre as cadeias de suprimento ultrapassa a competição pura e simples entre as empresas, levando-as a reexaminar suas estratégias de gerenciamento de materiais, sistemas e métodos de produção. Este é o contexto que serve de base para introduzir o assunto deste trabalho.

Diante deste fato, “o objetivo da estratégia de operações é garantir que os processos de produção e entrega de valor ao cliente sejam alinhados com a intenção estratégica da empresa quanto aos resultados financeiros esperados e aos mercados a que pretende servir e adaptados ao ambiente em que se insere” de acordo com Corrêa & Corrêa (2006).

Oliveira, Duarte e Montevechi (2002) afirmam que a produção tem o desafio de desenvolver novas metodologias ou adotar os sistemas de gestão que possibilitem a sobrevivência da empresa no mercado. Tais sistemas exigem uma reestruturação organizacional que permita alcançar os objetivos propostos.

O propósito do presente trabalho foi elaborar um modelo de planejamento e gerenciamento da produção, utilizando a programação linear inteira e avaliar, por meio de um modelo de simulação, as interferências que possam ocorrer durante o processo de fabricação de um cilindro de laminação. Além disso, por meio da simulação, será possível determinar uma melhor gestão do equipamento gargalo, uma vez que este recurso tem que abastecer o setor de tratamento térmico e alimentar as retíficas, de forma a estabelecer prioridades de usinagem e transformar o processo num fluxo contínuo, sem desabastecimento das linhas.

O trabalho está organizado em 8 Seções. A Seção 2 apresenta os princípios da modelagem de sistemas utilizando a programação linear inteira e a simulação de sistemas. A seção 3 exibe o método de modelagem proposto. A Seção 4 apresenta a descrição do sistema e a elaboração do modelo de PLI. A Seção 5, a definição do modelo formal. A Seção 6 apresenta a simulação do sistema realizado no Software Arena®. Na Seção 7 é realizada a discussão sobre os resultados. Na Seção 8, são apresentadas as conclusões, seguida dos agradecimentos e referências consultada.

### 2. MODELAGEM

Para realizar este trabalho, foram utilizadas algumas das técnicas da Pesquisa Operacional (PO): a Programação Linear Inteira e a Simulação de Sistemas.

A PO é um método científico de trabalho que, utilizando técnicas e instrumentos científicos e baseando-se em análises quantitativas, auxilia o processo de decisão e que visa obter o melhor rendimento possível no funcionamento de uma organização ou o melhor desempenho possível de um sistema em estudo. O objetivo geral da Pesquisa Operacional

é o de descobrir regularidade em algum fenômeno e ligar essa regularidade com outros conhecimentos, de tal forma que o fenômeno possa ser modificado ou controlado (Hillier, Lieberman, 2001; Lachtermacher, 2004; Arenales et al., 2007).

### 2.1. Modelagem de sistemas utilizando a programação linear inteira

Problemas de Programação Inteira (PPIs) são problemas de programação matemática em que tanto a função-objetivo como as restrições são lineares; entretanto, neste tipo de problema, uma ou mais variáveis de decisão são representadas apenas por valores inteiros (Lachtermacher, 2004).

Os PPIs são freqüentes porque em muitas situações práticas, as atividades ou recursos (máquinas, locais, pessoas, etc) são indivisíveis.

De acordo com Lachtermacher (2004), um problema de Programação Linear Inteira pode ser descrito matematicamente como:

Objetivo: Otimizar  $Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$

$$\text{Sujeito a: } \left. \begin{array}{l} g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{array} \right\} = \begin{cases} \leq b_1 \\ = b_2 \\ \geq b_m \end{cases}$$

$x_1, x_2, \dots, x_n$  são inteiros

Onde:  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$

$g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + a_{i3}x_3 + \dots + a_{in}x_n$ , para  $i = 1, \dots, m$

### 2.2. Modelagem de sistemas utilizando simulação

A evolução da indústria de computadores nas últimas décadas permitiu a difusão da técnica de simulação para os mais variados campos do conhecimento. Progressos notáveis vêm sendo obtidos na operação de sistemas de engenharia, tais como os processos de manufatura, exploração e refino de petróleo e na engenharia aeroespacial empregando simuladores de voo.

A Simulação é uma técnica de modelagem e análise utilizada para avaliar e aprimorar os sistemas dinâmicos de todos os tipos, sendo possível, através de seu emprego, estudar o comportamento e as reações de um determinado sistema através de modelos, que reproduzem suas propriedades e comportamentos em uma escala menor, permitindo sua manipulação e seu estudo detalhado (Mihran & Mihram, 1974, citado por Banks et al. 2000).

A Simulação é capaz de lidar de maneira eficaz com a variabilidade natural dos processos e proporcionar estimativas das influências destas sobre o desempenho do sistema. Ela fornece uma estrutura de raciocínio e análise que permite resolver problemas mais amplos e mais complexos, sendo indicada para sistemas em que as conseqüências das relações entre seus diversos componentes não são conhecidas a priori, e que dificilmente poderiam ser traduzidas de maneira analítica.

Segundo Fleury, Wanke e Figueiredo (2000), a simulação é aplicada em problemas nos quais se necessita: melhorar a compreensão sobre a natureza de um processo; identificar problemas específicos, gargalos, estoques intermediários acima do ideal, recursos ociosos; auxiliar a estabelecer estratégias de investimento futuro para um sistema já existente; testar novos conceitos antes de sua implementação sem interferir na operação de um sistema já instalado e em curso.

É importante observar que os resultados de experimentos obtidos através da simulação de sistemas dependem das hipóteses simplificadoras adotadas durante a elaboração do modelo. Assim, o analista deve ter percepção suficiente para conseguir extrair do sistema real suas variáveis relevantes e, a partir delas, elaborar um modelo teórico e reduzido que represente com exatidão o sistema observado Fig. (1).

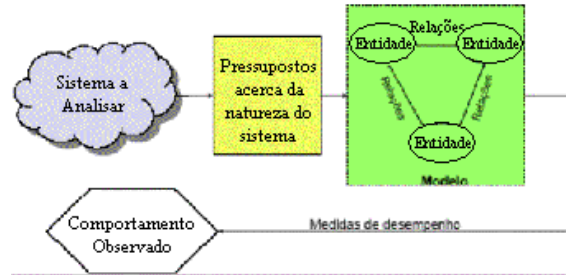


Figura 1. Sistema de modelagem (Fonte: Banks, 2000)

### 3. O MÉTODO DE MODELAGEM PROPOSTO

O método de modelagem proposto é adaptado dos métodos propostos por Goldberg & Luna (2000) e Bateman & Bowden (2002), conforme Fig. (2).

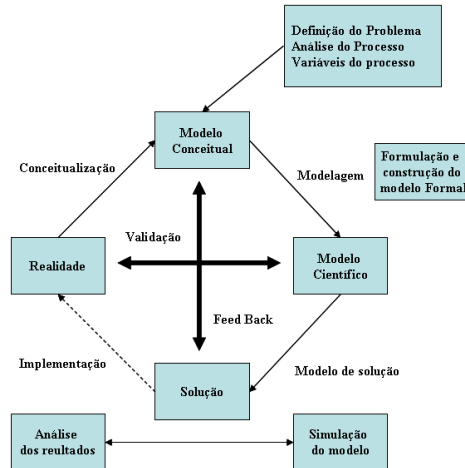


Figura 2. Condução de uma modelagem e simulação adaptado de Mitroff et al. (1974), Goldberg & Luna (2000), Law & Kelton (2000) e Bateman & Bowden (2002)

#### 3.1. Definição do Problema e Estabelecimento de Objetivos

Nesta etapa do processo, é necessário definir claramente qual é o problema a ser analisado, quais são as perguntas a serem respondidas, quais são as hipóteses a serem testadas e quais são os efeitos a serem estimados.

A inclusão desnecessária de detalhes irrelevantes resultará em altos custos de modelagem, tempos de resposta mais longos e processamento mais lento dos dados. Os objetivos de um estudo de simulação fluirão naturalmente a partir da definição do problema, uma vez que o propósito de se executar mais tarde uma experimentação com o modelo será sempre o de resolver o problema.

#### 3.2. Desenvolvimento do Modelo

O modelo normalmente iniciará como uma abstração do sistema, com crescentes níveis de detalhes adicionados à medida que se procede ao seu desenvolvimento. O analista, ao construir o modelo, deve ser capaz de pensar abstratamente em conceitos correlatos de sistemas do mundo real para que haja congruência entre a estrutura do modelo e a ferramenta de modelagem em uso. A construção do modelo pode acontecer conjuntamente com a coleta de dados.

### **3.3. Validação**

A Validação é o processo de se assegurar que o modelo reflete a operação do sistema real em estudo de tal forma que dê encaminhamento ao problema definido. Testar a validação deve ser um esforço cooperativo em equipe entre o modelista/analista, potenciais usuários e outras pessoas familiarizadas com a operação real do sistema.

Uma forma de validação estabelece o uso de dados de entrada históricos para alimentar o modelo. As saídas do modelo são então comparadas com as saídas históricas para se determinar se as saídas estão acuradas.

### **3.4. Verificação/Reformulação**

Um modelo está pronto para ser verificado quando ele funciona da maneira satisfatória como ele foi concebido de acordo com as restrições pré-estabelecidas. A verificação do modelo pode ser efetuada executando-se a simulação e monitorando-se de perto a sua operação.

Várias ferramentas podem ser utilizadas para verificar um modelo. A animação pode ser efetuada em velocidade adequada para analisar o movimento das entidades no sistema. As saídas do modelo de simulação podem ser também comparadas com as previsões de outros modelos analíticos, se disponíveis.

### **3.5. Experimentação/Aplicação**

O projeto experimental é o desenvolvimento de procedimentos e testes para analisar e comparar alternativas, maximizando a utilidade da informação produzida pelas rodadas da simulação, minimizando o esforço.

O ideal é que o analista e demais envolvidos no projeto, tenham pelo menos algumas idéias preliminares sobre as alternativas de soluções a serem avaliadas. Antes de avaliar cada uma com o modelo, o especialista em simulação deverá determinar o tempo para simulação, visando obter resultados aceitáveis.

### **3.6. Análise dos Resultados e Apresentação**

Cada configuração do modelo e seus respectivos resultados de saída devem ser bem documentados. Além de facilitar relatos eventuais, o armazenamento dos registros irá auxiliar o analista a determinar a alternativa que atinge o melhor resultado, como também permitirá a ele observar tendências que podem sugerir alternativas adicionais a serem consideradas.

## **4. DESCRIÇÃO DO SISTEMA REAL E ELABORAÇÃO DO MODELO DE PROGRAMA LINEAR INTEIRA**

O sistema de produção de cilindros de laminação de tiras a frio pode ser dividido basicamente em três setores: Lingotamento, Forjaria e setor de Usinagem e Tratamento Térmico (UTT).

No setor de Lingotamento, o aço líquido proveniente da aciaria é transportado numa panela com capacidade máxima de 90 toneladas de metal líquido.

Após o lingotamento, aguarda-se a solidificação e realiza-se o transporte dos lingotes para a Forjaria, onde serão colocados em fornos de aquecimento, prensados e tratados termicamente antes de serem enviados para a UTT.

Como a Forjaria tem uma capacidade de produção muito maior do que a da UTT (por motivos de sigilo, a capacidade da Forjaria não será revelada neste trabalho), e como ela é capaz de manter esse setor abastecido ininterruptamente, ela será tratada como uma “caixa preta” durante a modelagem.

Depois de passar pela Forjaria, os cilindros são encaminhados para o setor de Usinagem e Tratamento Térmico. A Figura (3) mostra um esquema com a seqüência do fluxo de operações ao longo da UTT:

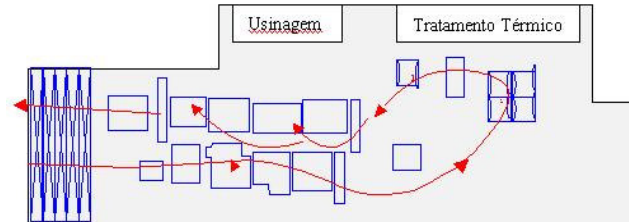


Figura 3. Seqüência do fluxo de operação (Fonte: autores, 2007)

Os processos realizados na UTT podem ser agrupados em três etapas: a Preparação para o Tratamento Térmico, o Tratamento Térmico e a Usinagem Final.

Durante a fase de Preparação para o Tratamento Térmico, os cilindros são usinados nas seguintes máquinas: mandriladora, tornos de desbaste (gargalo do sistema), tornos de acabamento e tornos de faceamento. Após a realização destas etapas, o cilindro está pronto para ser tratado termicamente.

A fase de Tratamento Térmico tem início com a realização de um pré-aquecimento, o qual é seguido, pelos processos de têmpera por indução (TPI), subzero, degelo, e revenimento.

Na fase de Usinagem Final, os cilindros passam novamente pelo torno de face/centro, sendo, a seguir, encaminhados para tornos de acabamento, retíficas e fresadoras. Após essas operações, os cilindros estão prontos para serem embalados e transportados para seus compradores.

O modelo de PLI foi elaborado com base na capacidade do equipamento gargalo: cada torno de desbaste opera efetivamente 18 horas por dia. Como há dois tornos de desbaste, há 36 horas de desbaste disponíveis por dia.

Analisando o setor de Tratamento Térmico, é possível encontrar outra restrição: os fornos de pré-aquecimento e de revenimento têm capacidade para cinco cilindros.

A partir do que foi apresentado até o momento, pode-se construir o modelo de Programação Linear Inteira, o qual será também o modelo de planejamento/gerenciamento da produção. A seguir, são definidas as variáveis de decisão, a função-objetivo e as restrições do sistema:

As variáveis de decisão adotadas são variáveis binárias  $C_{i,j}$ , onde  $i$  se refere ao número do cilindro a ser agrupado e  $j$  ao número do lote de usinagem a que pertence esse cilindro.

A Função Objetivo é maximizar o tempo de utilização dos tornos:  $Max T = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n T_i \cdot C_{i,j}$ , onde  $T_i$  é o tempo de usinagem do cilindro  $i$

As restrições adotadas são:

- Cada cilindro pode pertencer a um único lote:  $\sum_{j=1}^n C_{i,j} \leq 1$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ )

- A soma dos tempos de usinagem num mesmo lote não deve exceder 36 horas:  $\sum_{i=1}^m T_i \cdot C_{i,j} \leq 36$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ )

- A soma dos pesos dos lingotes de uma corrida (descontadas as perdas do processo) não deve exceder 86 toneladas:

$$\sum_{i=1}^m P_i \cdot C_{i,j} \leq 86000 \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

- Cada lote deve ter no máximo 5 cilindros:  $\sum_{i=1}^m C_{i,j} \leq 5$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ )

Para resolver este modelo, foi utilizado o Solver do Excel.

## 5. DEFINIÇÃO DO MODELO FORMAL

Os componentes do modelo descritos anteriormente são as máquinas-ferramenta, os fornos e os cilindros. Como ilustração do trabalho realizado, serão apresentados somente os setores de usinagem e tratamento térmico, supondo que os setores de lingotamento e de forjamento irão garantir o abastecimento da linha.

Para facilitar o entendimento, o Modelo Formal será apresentado inicialmente sem muitos detalhes, sendo mostrados apenas os submodelos que o compõem a Fig. (4); a seguir, será exibido, a título de exemplo, o submodelo Preparação para Tratamento Térmico, Fig. (5).



Figura 4. Modelo Formal das Fases Fundamentais do Processo (Fonte: autores, 2007)

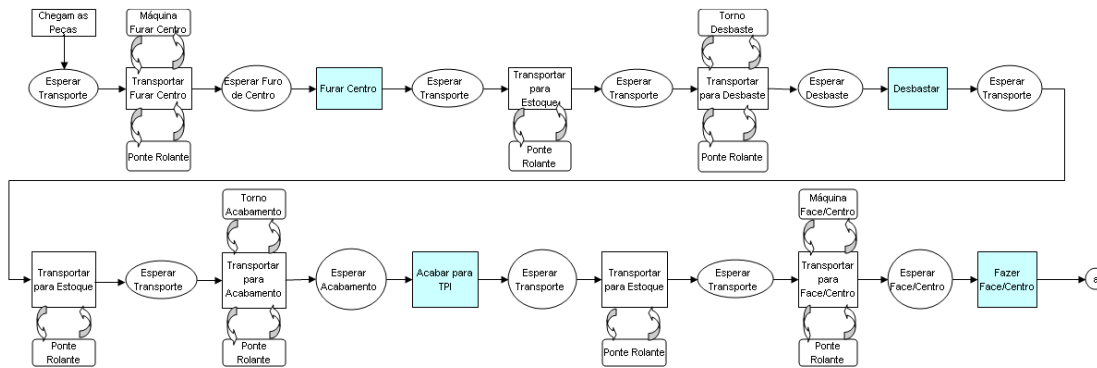


Figura 5. Modelo Formal da Fase de Preparação para Tratamento Térmico (Fonte: autores, 2007)

## 6. MODELAGEM DO CENÁRIO USANDO ARENA®

O setor da usinagem foi modelado utilizando os recursos de programação do software Arena®10.0, Fig. (6), tendo como base o método proposto na seção 3, o modelo de programação linear inteira apresentado na seção 4, o modelo formal apresentado na seção 5, e os conceitos da Teoria das Restrições (TOC – Theory of Constraints), proposta por Eli Goldratt (Blackstone, 2001), uma vez que o trabalho de otimização realizado leva em consideração as restrições do sistema produtivo (tempo do torno de acabamento, capacidade de geração de metal líquido, temperatura de tratamento térmico, etc).

Os dados de entrada para o modelo de simulação são os resultados do modelo de PLI e as informações contidas no sistema SAP da empresa, conforme Tab. (1) (Os dados que estão representados por letras não podem ser apresentados por motivo de confidencialidade).

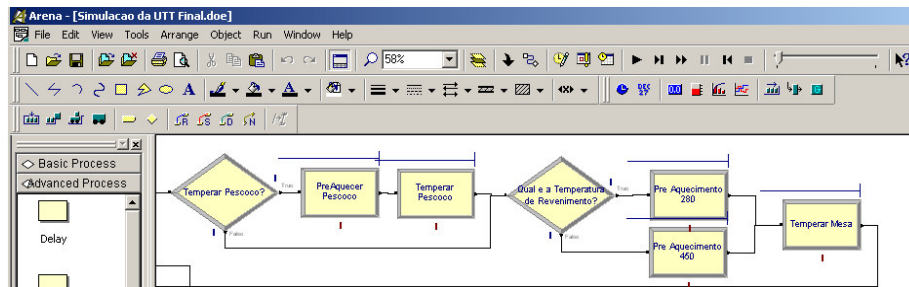


Figura 6. Modelagem através do Arena® (Fonte: autores, 2007)

Tabela 1. Dados de entrada Tabela 1 do Arena® (Fonte: autores, 2007)

Cilindro	OV	Temperatura Pré-Aquecimento( C )	Temperatura Reверimento( C )	Temperatura Pescoço( C )	Sub Zero( C )	Furar (h)	Desbastar (h)	Acabar para TPI (h)	Face/ Centro (h)
48213	411127	A	X	0	0	1,5	8	3	1
59218	412503	A	Y	0	-60	1,5	8	4	1
59219	412503	B	Z	0	-60	1,5	8	4	1
63227	413129	A	X	Y	-90	1,5	8	3	1

## 7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Através do modelo de PLI conseguiu-se um melhor agrupamento dos cilindros com características semelhantes, o que melhorou a ocupação dos fornos de tratamento térmico, reduziu o número de set-ups, e homogeneizou o número de horas dos lotes de usinagem das corridas, Fig. (7).

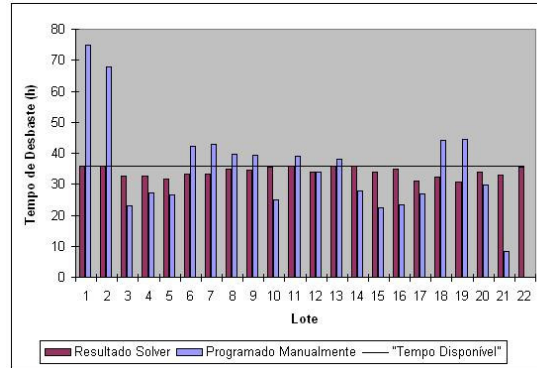


Figura 7. Tempos de desbaste por lote obtidos pelo Solver e manualmente (Fonte: autores, 2007)

Por meio da simulação foi possível determinar, para o mix de produção existente, a capacidade média mensal, o tamanho da fila e a ocupação dos equipamentos. A Tabela (2) mostra um exemplo dos indicadores que podem ser obtidos através da simulação e que são gerados pelo Arena® sempre que o programa é executado.

Tabela 2. Indicadores chaves de ocupação/filas saída dos resultados do Arena® (2007)

Key Performance Indicators	
<b>System</b>	Average
Number Out	126
<b>Usage</b>	Scheduled Utilization
	Value
Caixa de Degelo	0.7235
Caixa de SubZero	0.7276
Forno de Pré Aquecimento 45	0.8004
Forno de Reверimento	0.6264
Fresadora	0.7812
Mandriladora	0.6881
Retífica	0.8463
Torno de Acabamento	0.9297
Torno de Desbaste	0.9240
Torno de Faceamento	0.6682

Utilizando o modelo de simulação criado foi possível, também, definir o melhor momento em que cada cilindro deveria passar pelos tornos de acabamento, conforme a Tab. (3). Seguindo-se a seqüência gerada por esta tabela, houve um melhor controle do abastecimento do tratamento térmico e das retíficas, o que evitou o desabastecimento dos equipamentos e garantiu um fluxo contínuo de produção. Estas mudanças tornaram o processo mais enxuto; além disso, houve um maior grau de acerto no cumprimento do prazo, o que implicou num melhor atendimento ao cliente, como pode ser visto na Tab. (4).

**Tabela 3. Fluxo de produção do gargalo (Fonte: autores, 2007)**

Nº do Cilindro	Ir Para
50591	Tratamento Térmico
40660	Tratamento Térmico
54834	Tratamento Térmico
54835	Tratamento Térmico
63227	Acabamento
59218	Acabamento
59219	Acabamento
54996	Tratamento Térmico

**Tabela 4. Acerto na data de remessa dos cilindros (Fonte: autores, 2007)**

	Mês	Acerto (%)	Acerto (Nº de Cilindros)
Antes da Implementação	abr/07	70	91
	mai/07	73	95
	jun/07	71	92
Após a Implementação	ago/07	89	116
	set/07	92	120

## 8. CONCLUSÃO

Este trabalho visou à redução dos tempos mortos com um aumento da produtividade da área analisada. Com a aplicação do método exposto, os resultados obtidos foram satisfatórios, pois com um melhor gerenciamento do gargalo foi possível prever, com maior exatidão, o fluxo da produção, garantindo um fluxo contínuo e uma melhor previsibilidade do acerto do prazo ao cliente. Os resultados gerados pela simulação alimentam um quadro de gestão à vista para que os operadores do equipamento gargalo possam seguir o fluxo proposto. Também com os resultados da simulação será possível propor melhorias com os grupos de Kaizen.

Como pode ser verificado na Tabela 4, o acerto da data final de produção (data de remessa) passou de 70% para acima de 90%. Esta melhoria na assertividade da data final do produto facilita o fluxo logístico de entrega do produto ao cliente final, pois 80% da produção destina-se ao mercado externo, sendo possível realizar a reserva dos navios (95% da produção utiliza a modalidade marítima para a exportação) com uma maior antecedência do que realizada anteriormente.

Além dos ganhos acima citados, a aplicação da simulação ajudou a planejar a gestão da produção antes dela ser executada, trazendo novos insights, o que contribuirá para o melhor entendimento dos problemas que possam comprometer o desempenho dos recursos gargalos.

Finalmente, vale ressaltar que o papel da manufatura pode ser visto como uma arma de competitividade das empresas. A utilização correta da programação linear inteira e da simulação, conforme apresentado neste trabalho, é uma forma eficaz para se obter um melhor planejamento da produção com uma melhor previsibilidade dos prazos de entrega e, conseqüentemente, um melhor atendimento ao cliente.

## 9. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a Aços Villares e todos os funcionários da área de planejamento, engenharia e da produção pela valiosa colaboração em ceder os dados utilizados neste trabalho.

## 10. REFERÊNCIAS

- Arenales, M., Armentano, V., Morabito, R., Yanasse, H., “Pesquisa Operacional - Modelagem e Algoritmos”, Campus-ABEPRO, Rio de Janeiro, Elsevier, 2007.
- Banks, J., Carson, J.S., Nelson, B.L., Nicol, D.M., Discrete-event system simulation.3 ed. Prentice-Hall, New Jersey, 2000.
- Bateman, R.E., Bowden, R.O., “Simulação Otimizando os Sistemas”. 2 ed. Ed. Imam, 2002.
- Blackstone, J. H., “Theory of Constraints – a status report”, International Journal of Production Research, 2001, vol. 39, n. 6, pp. 1053-1080.
- Corrêa, H.L., Corrêa, C.A., “Administração de produção e operação”. 2 ed. Ed. Atlas, 2006.
- Fleury, P.F., Wanke, P., Figueiredo; K.F., “Logística Empresarial – A perspectiva brasileira”, 1 ed., Ed. Atlas, 2000.



- Goldbarg, M., Luna, H., "Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos". 1 ed., Ed. Campus, 2000.
- Hillier, F.S., Lieberman, G.J., "Introduction to Operations Research", 7th edition, McGraw Hill, 2001.
- Lachtermacher, G., "Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões". Editora Campus, Rio de Janeiro, 2004.
- Law, A., Kelton, W.D., "Simulation Modeling and Analysis", 2nd ed. McGraw-Hill, USA, 1991.
- Mihram, D., Mihram, G.A., "Human Knowledge, the role of models, metaphors and analogy", International Journal of General Systems, 1974, vol.1, n.1, pp. 41-60.
- Oliveira, F.A., Duarte, R.N., Montevechi, J.A.B., "O reflexo da mudança organizacional sobre o desempenho de uma empresa de autopeças: estudo de caso". In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 22, 2002, Curitiba. Anais...Curitiba: PUC-PR, 2002.

## **THE APPLICATION OF SIMULATION TOGETHER WITH AN ILP (INTEGER LINEAR PROGRAMMING) IN A STEELMAKER INDUSTRY**

**Laerte José Fernandes, laerte.fernandes@villares.com.br<sup>1</sup>**

**Luis Alberto Oses Rodriguez, luis.rodriguez@villares.com.br<sup>2</sup>**

**Anderson Correia, anderson.correia@anac.gov.br<sup>1</sup>**

**Fernando Augusto Silva Marins, fmarins@feg.unesp.br<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ITA – Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 Vila das Acácias – CEP 12228-900 – São José dos Campos – S.P.

<sup>2</sup>DPD-FEG-UNESP – Av. Ariberto Pereira da Cunha, 333 Pedregulhos – CEP 12516-430 – Guaratinguetá – S.P.

***Abstract.** This work presents a simulation model for a case study in a Steelmaker Industry. The work had as purpose to get a better area/equipment bottleneck management in the production line. The simulation was used together with an ILP (Integer Linear Programming) model developed previously, with the purpose to improve the customer service. As result of this ILP and Simulation combined approach, which follows a constraint management focus, the productive process was optimized, and both queues and lead time were reduced, improving the customer service in a make-to-order production.*

***Keywords:** simulation model, rolling mill rolls, make-to-order production*