

APLICAÇÕES DE TECNOLOGIA DE SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS EM LAMINAÇÃO: RESULTADOS OBTIDOS E EMPRESAS QUE JÁ UTILIZAM¹

*Alain de Norman et d'Audenhove*²

*Marcelo Fugihara*³

*Michel d'Audenhove*⁴

*Vinícius Pelúcio Scaff*⁵

Resumo

Conceituação sobre as tecnologias de simulação e otimização de processos industriais aplicada no ambiente de laminação: ferramentas e metodologias envolvidas. Esclarecimentos acerca do diferencial destas técnicas quando confrontadas com abordagens menos quantitativas (intuição, uso de planilhas eletrônicas estáticas etc.). Apresentação de casos práticos: Gerdau e Vallourec&Mannesmann, entre outros. Estes projetos foram apresentados individualmente em congressos técnicos da ABM e da Belge, chamado Innovation (congresso internacional especializado em tecnologias de simulação e forecasting), realizados no Brasil e aqui serão mostrados na forma de um painel de aplicações diversificadas desta tecnologia em usinas nacionais. Ilustrados através de modelos de simulação dinâmica focando áreas de laminação – desde pátios de insumos (tarugos p.ex.), até a saída e o tratamento dos produtos laminados, cada um com seu conjunto de objetivos, escopo e resultados obtidos (p. ex.: estudos para aumento de capacidade; melhorias em pátios de tarugos; mudanças nas áreas de acabamento e CQ; identificação de gargalos; economia ao se evitar compra de equipamentos mal dimensionados; consolidação de projetos e aprovação de investimentos em expansões; melhorias na programação de produção, etc.).

Palavras-chave: Laminação; Processos; Simulação; Otimização.

USAGE OF SIMULATION AND OPTIMIZATION TECHNOLOGIES AT ROLLING PROCESS: REACHED BENEFITS AND COMPANIES ALREADY USING IT.

Abstract

Concepts on the simulation and optimization technologies for industrial processes applied at rolling process environment: tools and methodologies. Clarifications about the differences of these techniques when collated with other analysis options (intuition, use of static spread sheets, etc.). Presentation of practical cases: Gerdau, Vallourec&Mannesmann, etc. These projects had individually been presented in technical congresses at ABM and Belge, called Innovation (international congress specialized in technologies in simulation and forecasting), in Brazil and here they will be shown in a panel of diversified applications of this technology in national companies. They will be well illustrated through models of dynamic simulation at rolling process areas, each one with its set of objectives, targets and obtained results (for example: capacity planning; bullets area improvements; changes at finishing and QC areas; identification of bottlenecks; economy when we prevent purchases of badly dimensioned equipments; consolidation of projects and approval of investments in expansions; improvements in production scheduling, etc.).

Key-words: Rolling Process, Simulation, Optimization.

¹ *Contribuição técnica ao 45º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 21 a 24 de outubro de 2008, Ipojuca - Porto de Galinhas - PE*

² *Sócio-Diretor da Belge Engenharia e Simulação, São Paulo – SP.*

³ *Engº. de Produção, Gerente de Consultoria da Belge Engenharia e Simulação, São Paulo - SP.*

⁴ *Sócio-Diretor da Belge Engenharia e Simulação, Rio de Janeiro – RJ.*

⁵ *Engº. de Computação, Meste em Eng. De Produção, Consultor da Belge Engenharia e Simulação, São Paulo – SP.*

1 INTRODUÇÃO

Várias usinas no Brasil têm utilizado a tecnologia de simulação em seus processos produtivos e/ou logísticos visando redução de custo na sua cadeia produtiva. Até há pouco tempo atrás, utilizavam-se métodos como intuição, planilhas eletrônicas e outros para se calcular essas possíveis reduções, apoiados em aproximações grosseiras e obtendo-se assim resultados questionáveis. Os processos de laminação – onde incluímos aqui as áreas de insumos (pátios de tarugos p.ex) e os setores posteriores de acabamento e CQ - são complexos e possuem uma dinâmica inerente. A tecnologia de simulação é a melhor ferramenta para reproduzir em computador esses processos e analisá-los em diversos cenários, como veremos a seguir.

Os trabalhos que serão apresentados foram desenvolvidos pelos engenheiros da Belge Engenharia e Simulação, juntamente a diversas empresas siderúrgicas. Eles foram apresentados individualmente em congressos técnicos da ABM (Seminários de Laminação) e da Belge - chamado Innovation (congresso internacional especializado em tecnologias de simulação e forecasting), realizados no Brasil e aqui serão mostrados na forma de um painel de aplicações diversificadas desta tecnologia em usinas nacionais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Simulação é uma tecnologia que permite reproduzir sua empresa (ou parte dela) num modelo em seu computador. Nele são configurados e testados cenários alternativos com diferentes demandas, quantidades de recursos, layouts e sistemáticas visando obter máxima produtividade.

Hoje existem boas ferramentas para se criar um modelo e simular cenários diferentes. Vamos nos ater ao software de simulação ProModel, da empresa americana, líder nesse ramo, Promodel Corporation. O ProModel é a ferramenta mais adequada para este tipo de aplicação por ser um simulador de uso muito amigável (o que menos requer programações complexas) e que possui interessantes facilidades para modelagem de leitos de rolos, além de um módulo específico para modelagem de pontes-rolantes.

Como a operação de uma laminação apresenta grande complexidade e interdependência entre seus processos, acaba sendo muito difícil analisar todas as possibilidades em uma planilha estática. Além disso, em uma planilha utilizam-se médias para os estudos de planejamento, sendo desprezado o efeito da variabilidade. Essa abordagem pode levar a conclusões desastrosas.

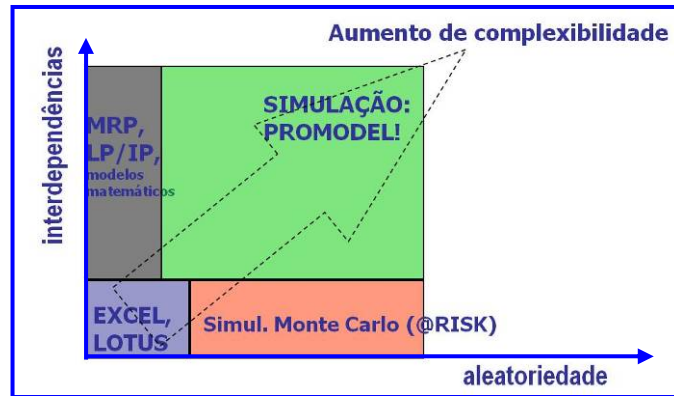


Figura 1.

Na análise dinâmica com simulação é possível analisar os efeitos das diversas interações de recursos e locais ao longo do tempo considerando também o efeito probabilístico da ocorrência de eventos, frequência e duração. Assim, pode-se visualizar o efeito de uma quebra de equipamento como uma ponte rolante, atraso de uma operação, alteração do seqüenciamento de produção, etc.

3 APRESENTAÇÃO DE CASOS

Iremos apresentar a seguir alguns casos práticos de simulação em setores relacionados a laminadoras, desenvolvidos para as empresas: Gerdau, Vallourec&Mannesmann e outra usina produtora de laminados de alumínio. Foram criados modelos de simulação dinâmica destes setores, cada um com seu conjunto de objetivos, escopo e resultados obtidos.

Normalmente, num projeto de simulação, disponibilizamos em uma planilha de entrada de dados vários parâmetros que tem seus valores ajustados para configurar cenários operatórios. A partir desses dados, o modelo simula aquele cenário e fornece os resultados em gráficos ou tabelas, conforme esquema da Figura 2.

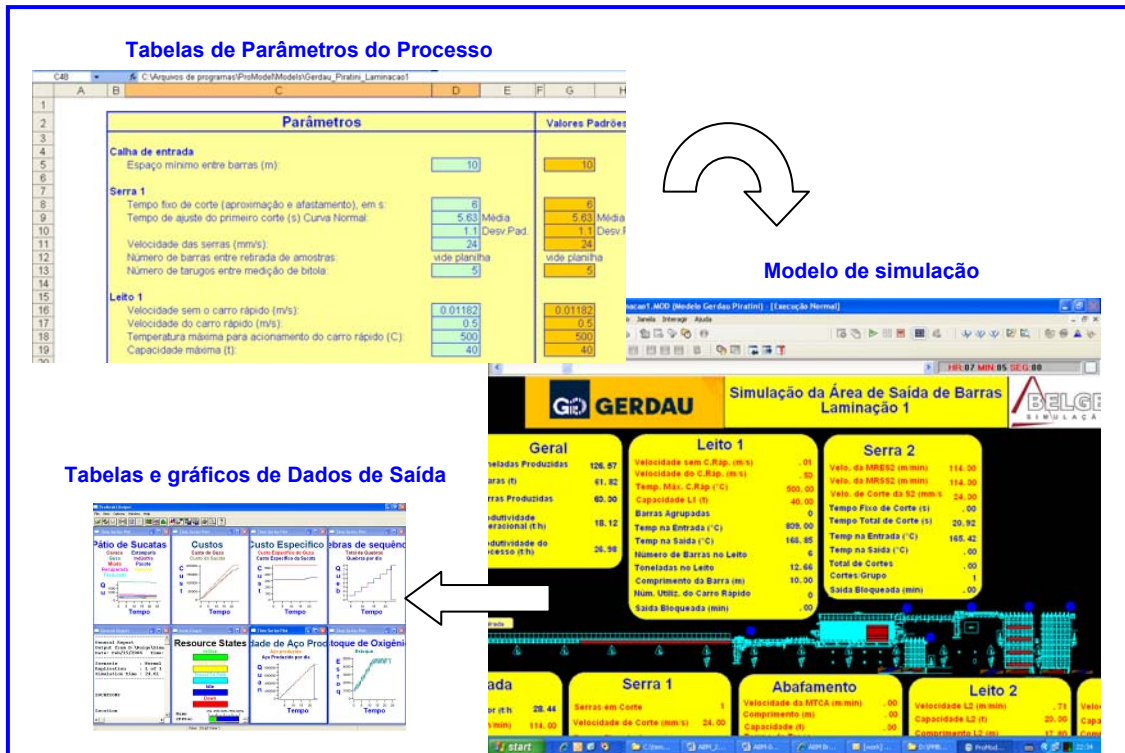


Figura 2. Componentes de um projeto de simulação, ilustrado através de projeto da laminação 1 da Gerdau- Aços Finos Piratini.

3.1 Gerdau – Cosigua – Saída da Laminação

3.1.1 Objetivo

Desenvolvimento de modelo de simulação para se testar a implantação de um sistema automático de movimentação de bobinas de fio máquina.

3.1.2 Escopo

O modelo contempla desde a saída do fio máquina da principal laminadora da usina (L2), passando pelos sistemas de movimentação vertical, o tombamento dos produtos, o sistema de movimentação horizontal, até a estanteria e expedição final. Todas as etapas do processo possuem parâmetros (ritmos da saída da laminadora, tempo da iris, quantidade de paliteiros e gancheiras, velocidades das esteiras transportadoras, temperatura máxima antes do tombamento, e outros), que podem ser alterados através de planilhas específicas, de acordo com a necessidade do usuário.

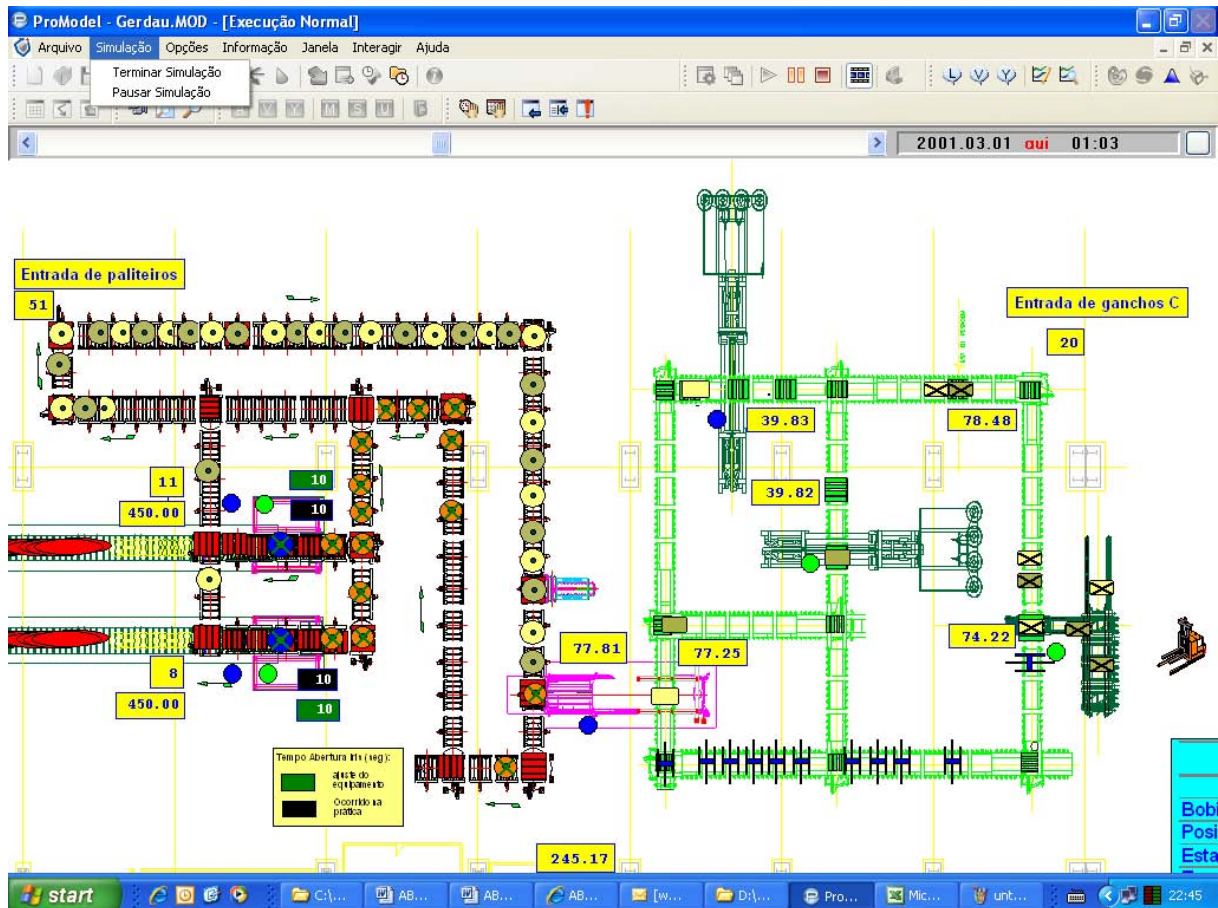


Figura 3. Modelo de simulação da saída da laminação de fio máquina da Cosigua

3.1.3 Resultados

Através da simulação, puderam-se antever sérias falhas no projeto proposto pelo fornecedor europeu de equipamentos. Dessa forma, o projeto foi modificado e retestado através do modelo até que não apresentasse mais gargalos em cenários críticos de produtos previstos para a linha.

Caso não tivesse sido feita a simulação dinâmica, o projeto original seria implementado e as falhas seriam rapidamente notadas, causando a interrupção para reforma do novo sistema durante várias semanas, o que significaria uma grande volume de produção perdida – justamente na principal laminadora desta usina.

Além disso, através do dimensionamento otimizado dos parâmetros do modelo, a Gerdau reportou um ganho de R\$ 5 milhões por ano em produtividade, graças a este projeto.

3.2 Empresa Produtora de Alumínio

3.2.1 Objetivo

Determinar-se a capacidade máxima do setor, apontando-se os reais gargalos produtivos

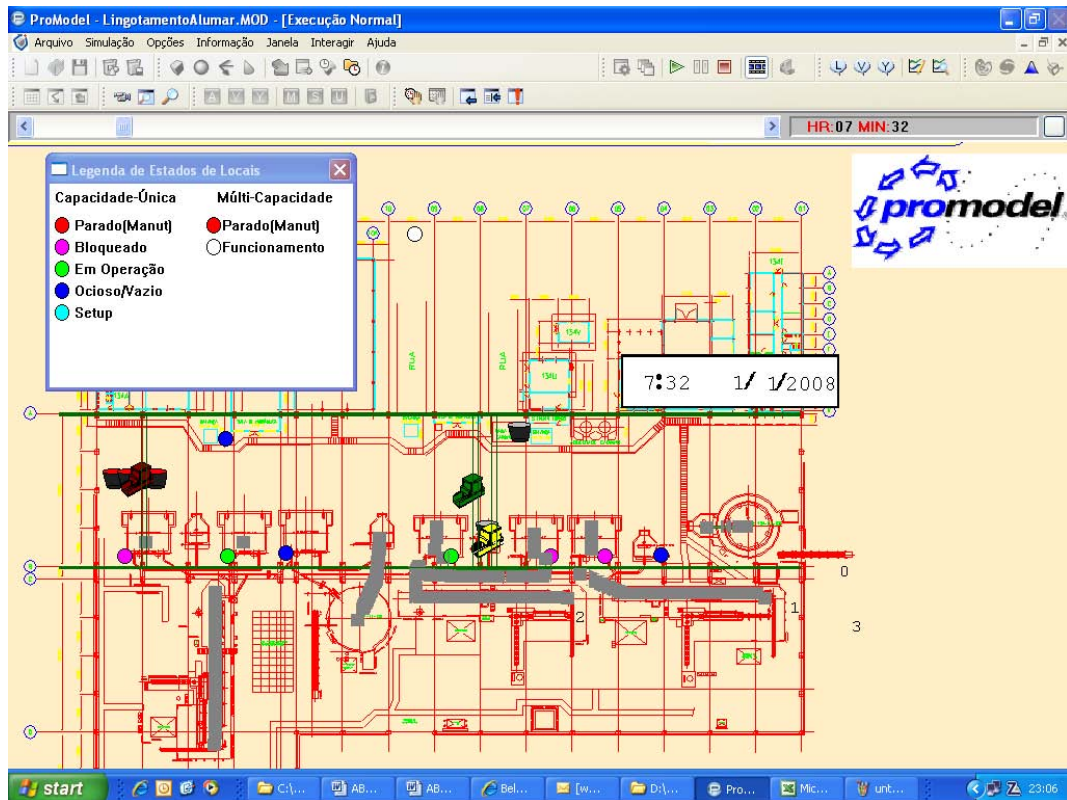


Figura 4. Modelo de simulação em empresa produtora de alumínio

3.2.2 Resultados

Com o modelo desenvolvido, esta empresa pôde simular diversas situações de scheduling e alternativas dos processos, visando obter-se capacidade produtiva máxima.

3.3 Gerdau – Aços Piratini – Aciaria/ Pátio de Tarugos / Laminação

3.3.1 Objetivos

O objetivo principal do projeto foi o de compreender as necessidades futuras de investimento na área, servindo de base para a tomada de decisões. Planilhas eletrônicas contêm os parâmetros do modelo e permitem a criação de cenários operacionais.

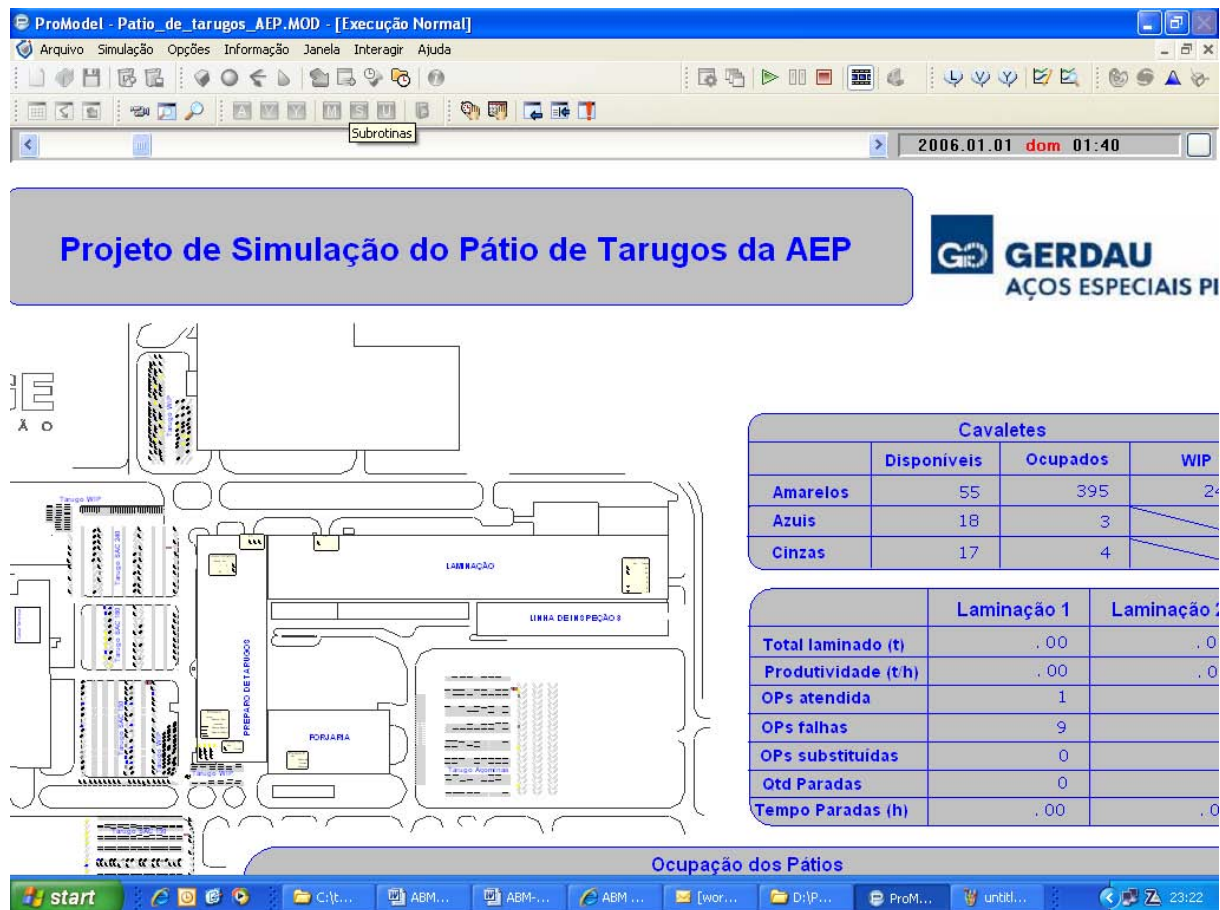


Figura 5. Modelo de simulação integrado aciaria/pátio tarugos/laminação da Piratini.

3.3.2 Escopo

Englobou a área de aciaria (sua produtividade e programação de produção), a área de estoque intermediário, os equipamentos de movimentação de materiais e o consumo realizado pela laminação (também compreendendo a produtividade e sequenciamento deste).

Dentre os parâmetros modelados, encontram-se:

- Programação detalhada da produção da aciaria (todas as ordens de produção -OP's- para o período simulado), incluindo características importantes para o desenvolvimento do fluxo produtivo, como: o tipo do aço, suas características físicas (seção e comprimento), indicação de processos intermediários necessários (inspeção, esmerilhamento, acabamento etc.);
- Detalhamento dos recursos de movimentação: pontes-rolantes, leitos transportadores entre as naves, etc.;
- Caracterização dos estoques intermediários: áreas reservadas para cada tipo de produto.
- Programação detalhada da produção da laminação: todas as OP's do período, o sequenciamento operacional cíclico e as previsões de vendas de cada tipo de aço

Simulação do Pátio de Tarugos							
Consumo de Tarugos no Laminador							
Tarugos							
Sequência	Tipo de Aço	Código do aço	Comprimento (m)	Seção (Lado)	Tarugos	Ciclo	Quantidade (T)
1		62	10	250	7	1	34,4
2		93	10	250	3	1	14,7
3		100	12	250	1	1	5,9
4		7	12	250	10	1	59,0
5		7	12	250	8	1	47,2
6		7	12	250	4	1	23,6
7		33	12	250	8	1	47,2
8		33	12	250	7	1	41,3
9		33	12	250	5	1	29,5
10		33	12	250	4	1	23,6
11		33	10	250	4	1	19,7
12		33	10	250	2	1	9,8
13		37	10	250	7	1	34,4
14		37	10	250	1	1	4,9
15		93	10	250	8	1	39,3
16		93	10	250	7	1	34,4
17		93	10	250	5	1	24,6
18		93	10	250	5	1	24,6
19		93	10	250	4	1	19,7
20		93	10	250	4	1	19,7

Figura 6 – Detalhe de uma planilha de entrada de dados (Programação da laminação)

3.3.3 Resultados

Os resultados são analisados através de indicadores de desempenho escolhidos de forma a responder as questões de interesse do projeto. Entre estas questões estão:

- A área de estoque necessária após o aumento previsto de produção;
- O sequenciamento máximo entre corridas da aciaria que não prejudique o nível de atendimento à laminação;
- O estoque médio em processo para se manter o nível de atendimento à laminação.

Os indicadores de desempenho observados são analisados através de gráficos gerados automaticamente pela simulação (Figura 7a) e através da exportação, para planilhas eletrônicas, de dados referentes às OP's que não foram realizadas ou que tiveram atraso em sua produção (Figura 7b).

Com este conjunto de ferramentas de análise, além da própria visualização da simulação, pode-se estudar as correlações entre os níveis de atendimento (resultado da simulação) e os fatores que o influenciam (entradas da simulação), como o sequenciamento de corridas da aciaria e o nível de estoque intermediário.

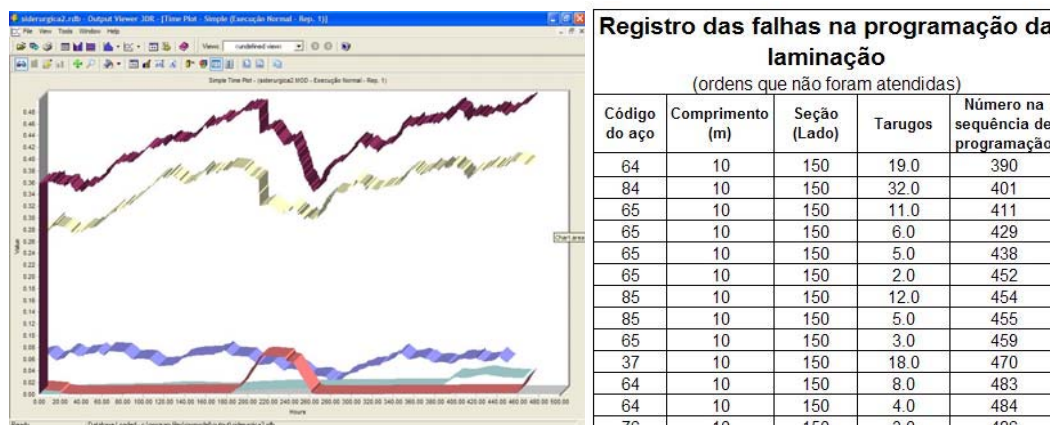


Figura 7 – (a) Gráfico gerado pela simulação (estoques); (b) Falhas registradas pelo modelo

3.4 Vallourec & Mannesmann – Saída da Laminação: Têmpera, Revenimento e Inspeção

3.4.1 Objetivos

Analisar e aprimorar os aspectos logísticos da nova linha de tratamento térmico de tubos, áreas de: têmpera, revenimento e inspeção.

Através de vários cenários do processo de produção e de disponibilidade de tubos a temperar, oferecida pela laminação, buscaram-se verificar quais seriam os gargalos, como se comportariam os estoques intermediários, aspectos de alocação de turnos e manutenções dos equipamentos, as novas capacidades produtivas e o grau de utilização dos recursos alocados.

3.4.2 Escopo

Foram compreendidos no modelo:

- Têmpera e Revenimento, composto de:
 - 3.1. Armazenamento de tubos vindos da laminação;
 - 3.2. Ponte Rolante
 - 3.3. Forno de austenitização;
 - 3.4. Têmpera;
 - 3.5. Forno de revenimento;
 - 3.6. Desempenadeira
 - 3.7. Leito de resfriamento;
 - 3.8. Mesa e leito de rolos entre cada parte acima;
 - 3.9. Armazenamento de tubos para a Inspeção.
- Inspeção, composto de:
 - 3.10. Corte de tubos para amostragem
 - 3.11. Mesa de inspeção visual e dimensional
 - 3.12. Armazenamento de tubos a serem desempenados;
 - 3.13. Cabine de inspeção de ponta esquerda;
 - 3.14. Cabine de inspeção de ponta direita;
 - 3.15. Estação de Inspeção por de ultra-som;
 - 3.16. Mesa de refugo;
 - 3.17. Mesa e leito de rolos entre cada parte acima;
 - 3.18. Armazenamento de tubos inspecionados.

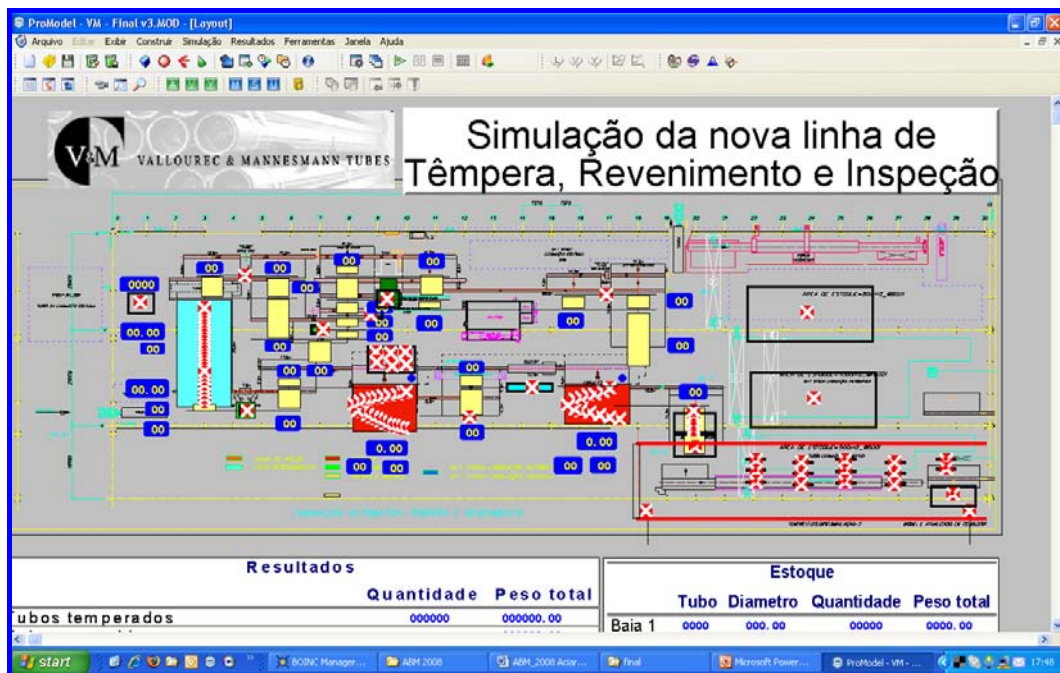


Figura 8. Modelo de simulação da saída da laminação na Vallourec&Mannesman

3.4.3 Resultados

O desenvolvimento do projeto de simulação da nova linha de tratamento térmico trouxe vários benefícios a empresa, os quais podem ser facilmente identificados:

i) Dimensionamento das capacidades

A simulação possibilitou o estudo mais preciso das capacidades locais, assim como da capacidade global da nova linha.

ii) Escolha da melhor estratégia de produção

A simulação das diferentes estratégias de seqüenciamento da produção – por seqüenciamento da laminação, por diâmetro crescente, por menor setup – mostrou que a melhor estratégia é aquela “por menor setup” da linha, quando uma nova corrida entra em produção. A partir desta constatação, o projeto sinalizou para o fato de que o “setup” da linha, tendo significativa influência na produtividade, deve merecer um estudo mais detalhado com o objetivo de minimizar seu tempo e conseqüentemente maximizar a produção.

iii) Redução do custo unitário de produção

Quando se usa a simulação como ferramenta para o planejamento do seqüenciamento da produção, esta permite a rápida escolha da melhor estratégia de produção e obtém-se para a nova linha um ganho de aproximadamente 10% no custo unitário de produção.

iv) Absorção da tecnologia de simulação

O uso crescente da tecnologia de simulação nos vários setores, por vários usuários e nas várias tomadas de decisão da V&M, proporciona um ganho competitivo considerável, viabilizando assim práticas cada vez menos “intuitivas” e mais profissionais e produtivas.

Em resumo, podemos afirmar que a execução do projeto de simulação, associado à implantação do software ProModel, disponibilizou à V&M uma ferramenta operacional de programação efetiva e otimizante, além de ter consolidado várias decisões de projeto, identificado e quantificado problemas que antes eram no máximo intuídos, a tempo de serem solucionados antes da instalação efetiva da linha.

4 CONCLUSÕES

Os modelos acima permitiram analisar os métodos de operação e verificar as principais interferências no ambiente estudado (falta ou ociosidade de equipamentos, etc.), criando condições para tomada de decisão nos investimentos necessários para as áreas de laminação.

Estes modelos permitem fazer uma análise global de todos os processos que envolvem laminação, incluindo os relacionamentos com as aciarias (PCP, pátios de tarugos, etc) e a saída de produtos acabados.

A abrangência desta metodologia viabiliza responder questões relativas a níveis de atendimento, tamanhos de estoques e sequenciamento de corridas; enformamento a quente; movimentação de materiais, etc.

REFERÊNCIAS

- 1 Harrel, C. R., Mott, J. R. A., Bateman, R. E., Bowden, R. G., Gogg, T. J., Simulação – Otimizando os sistemas - Belge Simulação e IMAM, 2005.
- 2 <http://www.belge.com.br/cases.html>
- 3 <http://www.promodel.com>
- 4 Innovation: 5 Conferências Internacionais de Simulação e usuários ProModel (1999 a 2007) - http://www.belge.com.br/noticias_congressos.html