

TECNOLOGIA DE SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO NA PRODUÇÃO SIDERÚRGICA: INOVANDO NA QUALIDADE, MELHORIA CONTÍNUA E PROJETOS SEIS SIGMA¹

Alain de Norman et d'Audenhove²

Marcelo Fugihara³

Michel d'Audenhove⁴

Resumo

Conceituação da tecnologia de simulação e otimização de processos industriais aplicada no ambiente siderúrgico: ferramentas e metodologias envolvidas. Esclarecimentos de como estas técnicas inovadoras apóiam a melhoria contínua da qualidade e projetos seis sigma. Ilustração dos conceitos com apresentação de casos práticos realizados no Brasil (e resultados obtidos): na Gerdau, Simara, e Vallourec & Mannesmann. Estes projetos foram apresentados individualmente em congressos técnicos de simulação realizados no Brasil e aqui serão mostrados na forma de um painel de aplicações diversificadas desta tecnologia em siderúrgicas nacionais. Serão bem ilustrados através de modelos de simulação dinâmica, cada um com seu escopo e objetivo (por exemplo: melhorias de desempenho em projetos seis sigma; identificação de gargalos; economia ao se evitar compra de equipamentos mal dimensionados ou desnecessários; consolidação de projetos e aprovação de investimentos em expansões; melhorias na programação de produção; etc).

Palavras-chave: Seis Sigma; Processos; Simulação; Otimização.

SIMULATION AND OPTIMIZATION TECHNOLOGY IN STEELMAKING PRODUCTION: INNOVATING IN QUALITY, CONTINUOUS IMPROVING AND SIX SIGMA PROJECTS

Abstract

Concepts on the simulation and optimization technologies for industrial processes applied in the steelmaking environment: tools and methodologies. Clarifications about the way these technologies help in quality continuous improving and in six sigma projects. Presentation of practical cases: Simara, Gerdau and Vallourec & Mannesmann. These projects had individually been presented in simulation technical congresses in Brazil and here they will be shown in a panel of several applications of this technology in brazilian companies. They will be illustrated through models of dynamic simulation of these steelmaking companies, each one with its set of objectives, targets and gotten results (for example: improving performance in six sigma projects; identification of bottlenecks; economy when we prevent purchases of badly dimensioned or unnecessary equipments; consolidation of projects and approval of investments in expansions; improvements in production programming etc.).

Key-words: Six Sigma; Processes; Simulation; Optimization.

¹ *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

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

³ *Gerente de Projetos da Belge Engenharia e Simulação, São Paulo - SP.*

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

1 INTRODUÇÃO

Várias indústrias siderúrgicas no Brasil têm utilizado a tecnologia de simulação em seus processos produtivos e/ou logísticos visando melhorar seus processos, tanto em áreas produtivas (laminação, aciaria e acabamento) quanto em logística (recebimento, preparação de sucatas, expedição e distribuição).

Até pouco tempo atrás, no momento que as empresas precisavam fazer experimentos para testar alternativas de melhoria de seus processos, normalmente acabava sendo necessário interromper o processo atual. O problema é que nem sempre é possível parar todo um processo de produção e quando isso é possível, essas interrupções costumam gerar uma série de problemas. Hoje, a tecnologia de simulação é a melhor ferramenta que permite reproduzir em um computador esses processos e analisá-los em diversos cenários, sem precisar interromper os processos atuais e pode-se, portanto, testar diversas possibilidades antes de implementar mudanças e assim conseguir escolher a melhor alternativa.

Em projetos de melhoria contínua e projetos seis sigma é comum se fazer experimentos para testar diferentes possibilidades e avaliar diferentes cenários para atuar em eventuais restrições. Nesse contexto, a simulação é uma ferramenta poderosa que permite realizar essas experimentações sem precisar interromper o processo atual.

Os trabalhos que serão apresentados foram desenvolvidos pelos engenheiros da Belge Engenharia e Simulação juntamente com as empresas siderúrgicas. Eles foram apresentados individualmente em congressos técnicos de simulação realizados no Brasil e aqui serão mostrados na forma de um painel de aplicações diversificadas desta tecnologia em siderúrgicas nacionais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Simulação de processos é uma forma de experimentar, através de um modelo, um sistema real, determinando-se como este sistema responderá a modificações que lhe são propostas. Em outras palavras: reproduz-se, no computador, um sistema real, para que seja possível realizar testes de diferentes alternativas ('what if'), como destacam Law e Kelton.⁽¹⁾

Para Shannon,⁽²⁾ a simulação pode ser compreendida como a representação ou reprodução de um processo, fenômeno ou sistema relativamente complexo, geralmente para fins científicos, de observação, análise e predição. Outra definição que pode ser dada é de experiência ou ensaio realizado com o auxílio de modelos, relativos a processos concretos que não podem passar por experimentação direta. Simular, segundo Bateman,⁽³⁾ "é fazer parecer real aquilo que não é, ou seja, reproduzir, da forma mais aproximada da realidade, certos aspectos de uma situação ou processo".

Como se observa, a simulação é um processo amplo, que compreende não somente a construção do modelo, mas também todo o método experimental que se segue, buscando, como mostram Gordon:⁽⁴⁾

- a) descrever o comportamento do sistema;
- b) construir teorias e hipóteses considerando observações efetuadas;
- c) usar o modelo para prever o comportamento futuro, isto é, os efeitos produzidos por alterações no sistema ou nos métodos empregados em sua operação.

O conceito de simulação aqui apresentado utiliza a tecnologia do software comercial de simulação ProModel, o qual se relaciona ao processo de melhoria contínua dos processos siderúrgicos, inclusive em projetos seis sigma e as premissas que devem ser consideradas nesse tipo de projeto. Este conceito engloba o uso de planilhas de entrada de dados com os detalhes de diversos aspectos relacionados à produtividade nas áreas de produção: laminação, aciaria e acabamento, e em logística: recebimento, preparação de sucatas, expedição e distribuição. Estes aspectos são modelados em forma de parâmetros, podendo ser alterados para a criação de cenários e a execução de testes.

A metodologia utilizada na construção do modelo de simulação, segundo Freitas⁽⁵⁾, é apresentada na Figura 1. Esta metodologia é interativa e cada atividade é definida e algumas vezes redefinida com esta interação, permitindo um maior detalhamento do estudo.

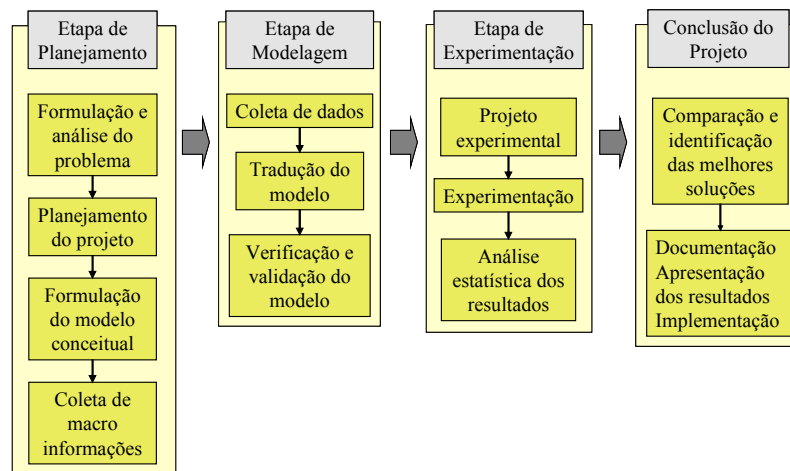


Figura 1 – Passos na Formulação de um Estudo de Simulação

O planejamento inicial (definição de objetivos, levantamento de restrições e preparação das especificações da simulação) e a definição do sistema são importantes para se chegar a conclusões quanto aos processos mais significativos (que precisariam de mais detalhamento) e quanto às simplificações que deveriam ser realizadas.

Um estudo de simulação é aplicável em projetos de melhoria contínua e também em diversas etapas de projetos seis sigma (Figura 2). Ela é tipicamente usada na fase de análise (Analyze) e melhoria (Improve). Um modelo de simulação se torna uma função que relaciona os X's críticos (inputs) com os Y's (outputs). Experimentações feitas variando os diferentes inputs X's levam a uma melhor compreensão do processo.

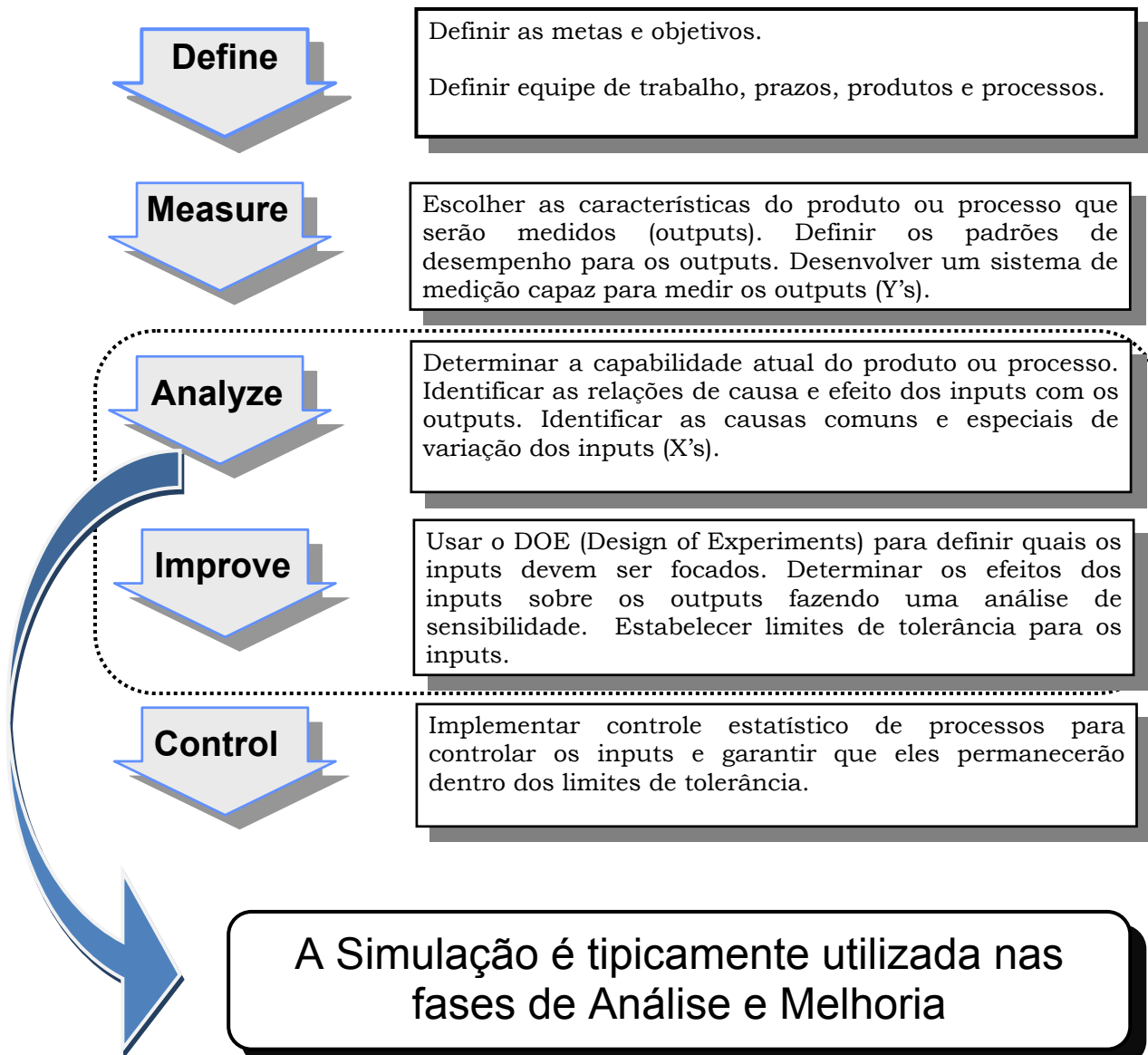


Figura 2 – DMAIC e as fases onde se aplica a simulação

Em resumo a Simulação é uma poderosa ferramenta que apóia o seis sigma, pois:

- Um modelo de simulação ajuda a interpretar o comportamento dos Inputs X que geram efeito significativo nos Outputs Y. As diversas rodadas do DOE (Delineamento de experimentos) podem são feitas rodando diferentes cenários no modelo de simulação;
- É uma ferramenta que pode ser usada em várias fases do projeto Seis Sigma;
- Permite quantificar a variação e performance da variável de saída Y;
- Permite encontrar uma solução otimizada antes da implementação;
- Permite testar várias alternativas de soluções de modo rápido e fácil;
- Modelos podem ser desenvolvidos sem a necessidade de interromper o processo atual;
- Um modelo feito pode ser reutilizado para melhorias contínuas.

Se o processo de produção ou negócio for complexo, altamente integrado e tiver variações todo mês, semana ou hora, análises simples com planilhas de dados não serão suficientes para se encontrar a melhor solução. Nestes casos as planilhas

podem dar resultados enganosos, fazendo com que se gaste muito dinheiro com decisões possivelmente erradas. Decisões críticas como as mencionadas, necessitam de estudos mais rigorosos, sendo a simulação uma ferramenta altamente indicada.

Como os processos em siderúrgicas apresentam grande complexidade e interdependência entre os eventos, 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.

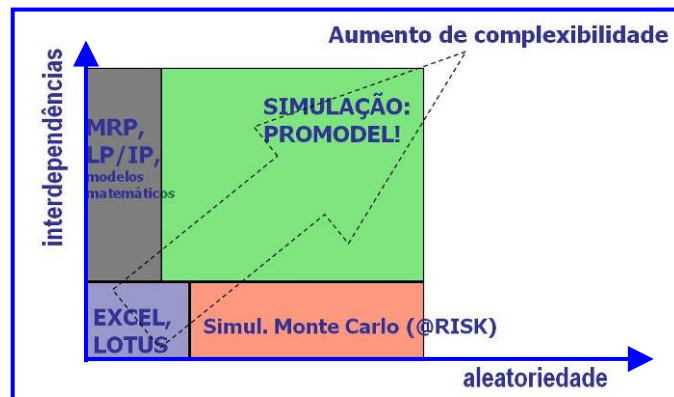


Figura 3. Quando simular?

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

A seguir serão apresentados alguns casos práticos de simulação em siderúrgicas desenvolvidos para as empresas: Simara, Gerdau e Vallourec & Mannesmann. Foram criados modelos de simulação dinâmica dessas siderúrgicas, cada um com seu conjunto de objetivos, escopo e resultados obtidos.

3.1 Siderúrgica Marabá – SIMARA (Aciaria)

3.1.1 Objetivos

Desenvolvimento de modelo de simulação para a nova Aciaria visando apontar eventuais gargalos, ociosidades e apresentar o resultado de produção a ser esperado, alterando-se os parâmetros e equipamentos do processo de produção. Auxiliar na análise das principais interferências na Aciaria, criando condições para tomada de decisão em função de alternativas que tornem o sistema viável, caso seja detectado algum gargalo.

3.1.2 Escopo

O modelo contempla desde a área de retirada de sucata até a saída dos tarugos lingotados do lingotamento contínuo. Todas as etapas do processo possuem

parâmetros (capacidades, tempos de processo, intervalo entre ocorrências e outros), que podem ser alterados através de planilhas específicas, de acordo com a necessidade do usuário. Parâmetros gerais podem ser alterados pelo usuário como, por exemplo, o padrão de cada cestão em cada corrida. Foram considerados todos os transportes (pontes rolantes e carros transportadores) que movimentam os cestões e as painelas através de cada etapa do processo, bem como, suas velocidades e capacidades.

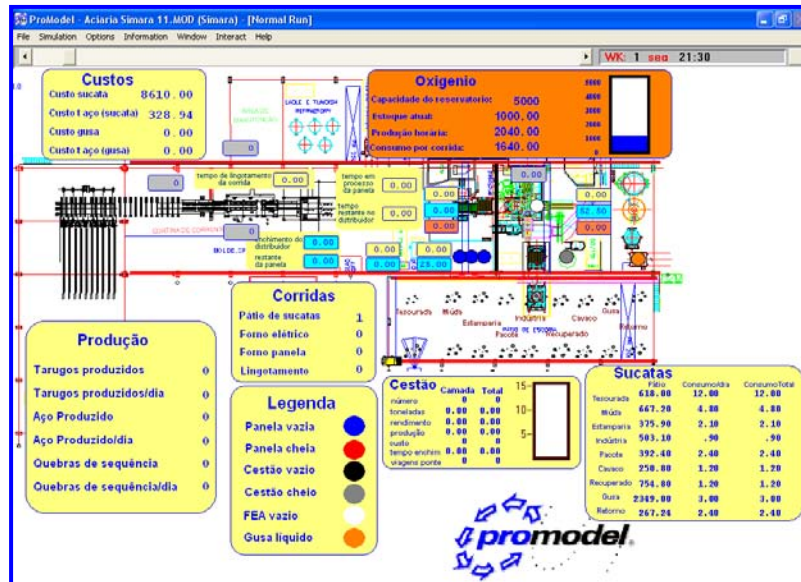


Figura 4. Modelo de simulação da Acieria da Simara

3.1.3 Resultados

Após a simulação, o modelo apresenta uma saída de resultados que são analisados e permitem o gerenciador obter informações de custo, produtividade, sincronismo da Acieria e outros dados que são relevantes para otimização do processo. Cada conjunto de parâmetros, que definem um cenário, fornece um resultado que permite a Simara avaliar se aquele conjunto é adequado para se atingir determinada produção e os respectivos custos envolvidos.

3.2 Empresa Gerdau Cosigua (Laminação)

3.2.1 Objetivos

Simular um projeto de automação de movimentação, resfriamento e compactação de bobinas produzidas na Laminação 2 e com isso visualizar o comportamento da implantação deste projeto; comparar os resultados previstos no projeto com os da simulação de diversas alternativas de layout, de velocidade dos transportadores e de número de unidades transportadas; verificar eventuais falhas no projeto de forma visual e numérica.

3.2.2 Escopo

O modelo abrange desde a produção de bobinas pelo laminador até a retirada das bobinas para estoque. Estão compreendidos os transportadores verticais e horizontais, os compactadores e a estanteria.

Os principais parâmetros incluídos no modelo são a velocidade de produção das bobinas, o número de paliteiros (transportadores verticais), os ganchos em C (transportadores horizontais), as velocidades desses transportadores, a temperatura

de saída das bobinas do laminador, a temperatura mínima para compactação das bobinas e os tempos de compactação, pesagem, abertura e fechamento da íris, etc.

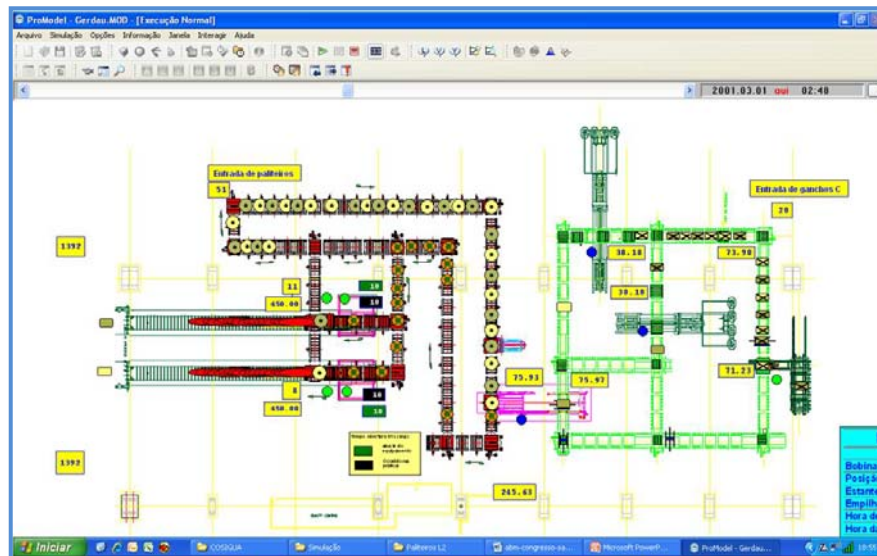


Figura 5. Modelo de simulação da Laminação da Cosigua

3.2.3 Resultados

Entre os resultados obtidos com a simulação destaca-se o número adequado de paliteiros; visualização de gargalos da linha não previstos; definição de um layout diferente do projetado inicialmente para os transportadores verticais, pois as bobinas chegavam ainda quente para os transportadores horizontais, prejudicando a compactação; no caso de quebra de algum compactador, definiu-se o ritmo de produção sem que haja gargalos; o tamanho e as características da estanteria tiveram que ser reprojatados, pois ela não atenderia à produção esperada, sendo um gargalo; cálculo da capacidade de produção real. Além disso, foram definidas as regras de escolha dos caminhos dos transportadores verticais na área de chegada das bobinas em função do ritmo de produção e dos tempos da íris. Este projeto evitou uma perda de milhões de dólares que iria ocorrer caso fosse implementado o sistema originalmente projetado pelo fornecedor Europeu, pois iria se constatar na prática uma baixa produtividade decorrente de gargalos e uma necessidade de parada por vários dias do principal laminador da usina para que se corrigisse o layout e a disposição e quantidade de equipamentos.

3.3 Empresa Gerdau Cosigua (PTL)

3.3.1 Objetivos

Simular o funcionamento do sistema atual para identificar eventuais problemas de fluxo (gargalos), para cenários com diversos conjuntos de produtos (tarugos) hoje fabricados ou recebidos pela Gerdau Cosigua.

3.3.2 Escopo

O modelo cobre a área entre o corte dos tarugos nos veios da saída do lingotamento contínuo da Aciaria 2 até a entrega dos tarugos nas grelhas das Laminações, incluindo toda a área atual dos PTLs. Considera, também, o recebimento via caminhões ou vagões externos.

O modelo recebe uma planilha de programação de produção para a aciaria e uma para a laminação. Além destas, pode-se variar a chegada de tarugos externos. Na construção de cenários é permitido mudar o tamanho dos estoques e as características dos recursos, como velocidade e capacidade.

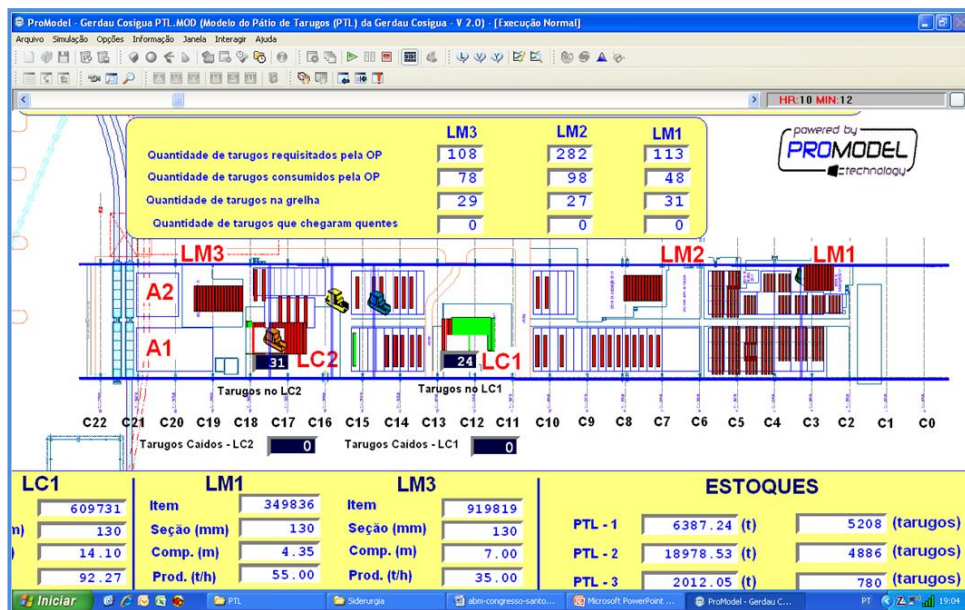


Figura 6. Modelo de simulação do PTL da Cosigua

3.3.3 Resultados

O projeto permite à Gerdau testar diferentes programações de produção (diferentes produtos, quantidades e inícios de produção) e, desta forma, compreender seus impactos sobre a utilização das pontes rolantes dos PTLs e a consequente dinâmica dos estoques nos leitos, assim como os possíveis atrasos operacionais.

3.4 Gerdau Araçariçguama (Logística)

3.4.1 Objetivos

Elaboração de um modelo de simulação focando o novo layout da região do PTL e do PEPA, com respectiva redefinição de fluxos de materiais para carga e descarga (de tarugos e vergalhões). Nesta simulação, os diferentes cenários criados objetivam identificar a capacidade de expedição nos diferentes pontos, os gargalos dos processos, os níveis máximos e operacionais de estoque e as taxas de ocupação dos equipamentos de movimentação.

3.4.2 Escopo

O modelo construído inclui a movimentação, carregamento e estoque de produtos com realização da mudança do layout proposto no projeto original.

Foi feita a revisão do fluxo rodoviário considerando áreas de estoque e pátio de estacionamento e caminhões com foco em: segurança, produtividade e capacidade de estoque.

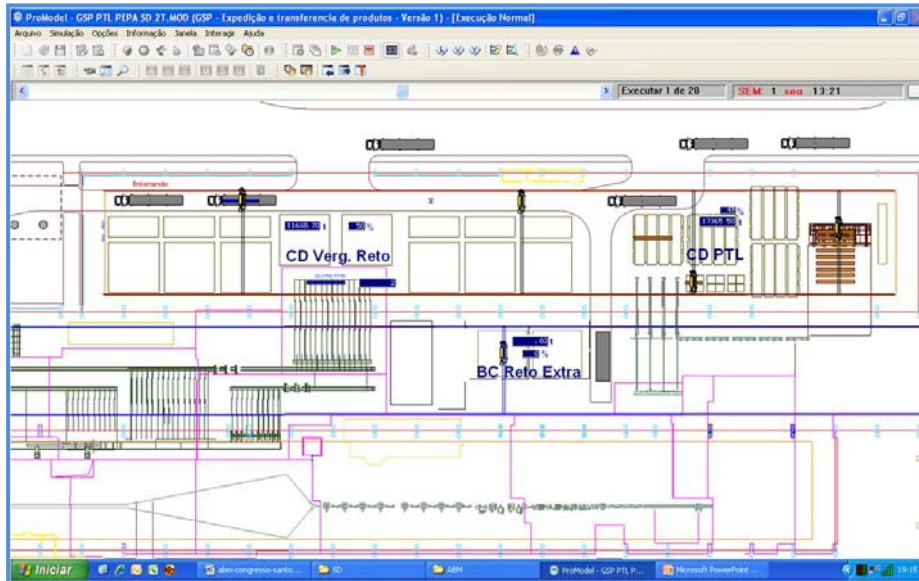


Figura 7. Modelo de simulação da expedição da Gerdau Araçariguama

3.4.3 Resultados

Além de assegurar o desempenho do sistema intralogístico de atendimento à demanda de expedição de produtos intermediários e acabados para o mercado interno e externo, este projeto contribuiu para os resultados nos sistemas de segurança, qualidade e contábil, com os seguintes ganhos:

- Aumento de 33% na produtividade (três anos);
- Aumento de 36% na capacidade máxima de estoque de produto intermediário;
- Aumento de 10% na capacidade máxima de estoque de produto acabado;
- Redução do tempo de permanência de veículos em 16% (um ano) e 33% (três anos);
- Fluxo rodoviário benchmark sem necessidade de manobras em marcha ré;
- Redução do capital de giro com operação de expedição em três turnos quando há demanda;
- Consolidação do fluxo logístico de materiais da unidade industrial Gerdau São Paulo.

3.5 Vallourec&Mannesmann (Têmpera, Revenimento e Inspeção)

3.5.1 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, buscou-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.

3.5.2 Escopo

Foram compreendidos no modelo:

- Têmpera e Revenimento, composto de:
 - i) Armazenamento de tubos vindos da laminação;

- ii) Ponte Rolante;
- iii) Forno de austenitização;
- iv) Têmpera;
- v) Forno de revenimento;
- vi) Desempenadeira;
- vii) Leito de resfriamento;
- viii) Mesa e leito de rolos entre cada parte acima;
- ix) Armazenamento de tubos para a Inspeção.
- Inspeção, composto de:
 - i) Corte de tubos para amostragem;
 - ii) Mesa de inspeção visual e dimensional;
 - iii) Armazenamento de tubos a serem desempenados;
 - iv) Cabine de inspeção de ponta esquerda;
 - v) Cabine de inspeção de ponta direita;
 - vi) Estação de Inspeção por de ultra-som;
 - vii) Mesa de refugo;
 - viii) Mesa e leito de rolos entre cada parte acima;
 - ix) Armazenamento de tubos inspecionados.

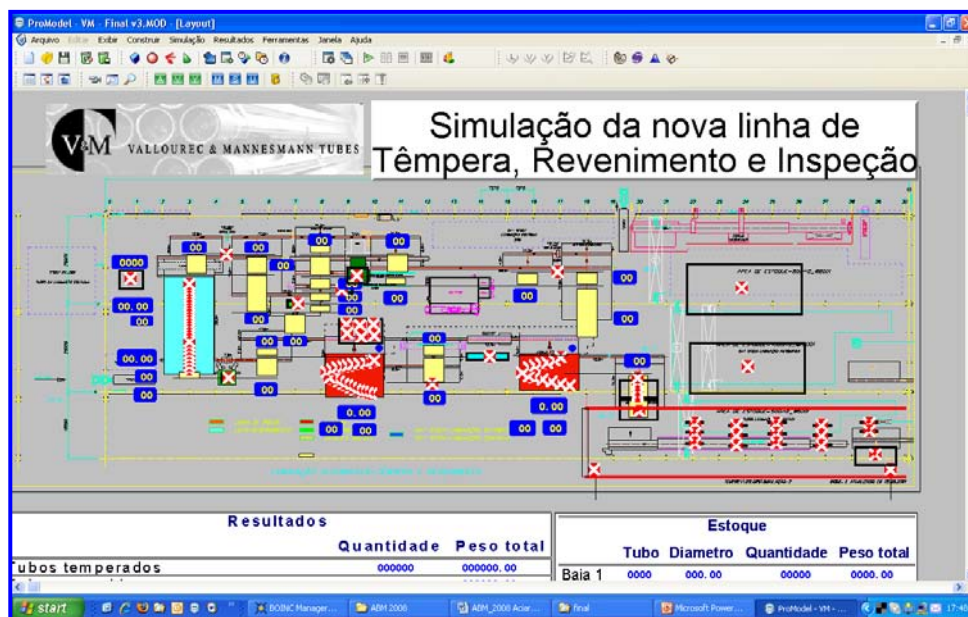


Figura 8. Simulação da linha de têmpera, revenimento e inspeção da V&M

3.5.3 Resultados

O desenvolvimento do projeto de simulação da nova linha de tratamento térmico trouxe vários benefícios à 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, criando condições para tomada de decisão nos processos de melhoria contínua dessas siderúrgicas.

Com a simulação pode-se realizar experimentos diversos, alterando a quantidade de equipamentos, diferentes velocidades e tempos de operação, fluxos, tipos de produtos, layouts, etc., permitindo que essas empresas pudessem conhecer melhor o impacto das diversas variáveis em sua produção e logística. Esses resultados gerados foram essenciais para que se pudesse antever problemas e garantir os resultados planejados em projeto. Isso leva a evitar desperdícios e maximizar os ganhos.

Estes modelos permitem fazer uma análise global de todos os processos siderúrgicos, pois foram desenvolvidos utilizando-se parâmetros para cada atividade dos processos de movimentação, de preparação, produção, armazenagem e expedição. Dessa forma, novos experimentos podem ser continuamente executados para a melhoria contínua desses processos.

REFERÊNCIAS

- 1 LAW, Averril M. e KELTON, W. David. Simulation Modeling and Analysis, 3rd ed. MacGraw-Hill. 2000.
- 2 SHANNON, R. E. Systems Simulation: The Art and Science. Prentice-Hall. 1975
- 3 BATEMAN, R. E. System Improvement Using Simulation. Utah, PROMODEL CORPORATION. 1997
- 4 GORDON, G. System Simulation, 2nd ed. Prentice-Hall. 1978
- 5 FREITAS, Paulo. Introdução à modelagem e simulação de sistemas. 1ª Edição. Editora Visual Books, 2001.