

USO DE SIMULAÇÃO PARA TOMADA DE DECISÃO NA EXPANSÃO DA ARCELORMITTAL MONLEVADE

Paulo Eduardo Melo da Cunha ¹

Leonardo Ribeiro do Vale ²

Thiago Gurgel Rodrigues ³

Carlos do Carmo Weidig ⁴

Cléber Lúcio Martins ⁵

Geraldo Magela Gomes ⁶

Gustavo Lambert Boratto ⁷

Ilemar Geraldo de Vasconcelos Júnior ⁸

Resumo

A expansão da ArcelorMittal Monlevade elevará o volume de produção de fio máquina de 1,2 Mtpa para 2,3 Mtpa e, nesse contexto, a logística tem o desafio de aumentar sua capacidade de recepção, armazenagem e expedição. Diante de restrições de espaço físico, de investimento e de segurança, o presente trabalho tem a finalidade de quantificar os recursos necessários para operação logística futura. O estudo foi conduzido utilizando a metodologia PDCA. Modelos de simulação foram desenvolvidos no software ProModel com objetivo de avaliar possíveis alternativas de operação, identificar gargalos e propor soluções. Para atingir este objetivo, foi necessário o levantamento de dados do processo atual e identificação das possíveis formas de operação além de investimentos necessários, o que permitiu determinar o fluxo de insumos e produtos considerando os impactos nas portarias e locais de carga e descarga. Também foi demonstrado que mudanças no layout e operação irão permitir um aumento significativo na capacidade de estocagem. Além disso, foram sugeridas alterações nas linhas férreas para minimizar conflitos operacionais e promover uma logística mais eficiente.

Palavras-chave: Simulação; Logística; Expansão.

SIMULATION AIMING THE DECISION MAKING AT ARCELORMITTAL MONLEVADE EXPANSION

Abstract

The expansion of ArcelorMittal Monlevade will increase wire rod production from 1,2 Mtpy to 2,3 Mtpy. Therefore, logistics will face the challenge of increasing its capacity on reception, storage and expedition within room, investment and safety constraints. The present work aims to quantify the resources required for the future logistical operations. The present study was conducted using PDCA methodology. A simulation model was developed, using ProModel software, in order to evaluate different alternatives, as well as to identify possible bottlenecks. To begin with, data from the current operation was consolidated and feasible ways operations were identified with its respective investments. The work determined the flow of each raw material and product, taking into account its impacts on the plant entrance, loading bay and discharge station. It was concluded that layout and operational changes would allow significant increases in storage capacity. In addition, some changes in the actual railway have been suggested in order to minimize operational conflicts, achieving an efficient logistic process.

Key words: Simulation; Logistic; Expansion.

¹Engenheiro Metalurgista, Consultor de Logística, Arcelor Mittal Monlevade, Av. Getúlio Vargas, 100, Centro Industrial, Cep 35930-395, João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: paulo.cunha@arcelormittal.com.br

²Engenheiro de Produção, Engenheiro de Produção, Petrobras, Rua Calafate, 42, Lucilia, Cep 35930-243, João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: leonardo.vale@petrobras.com.br

³Engenheiro de Produção, Analista de Planejamento e Logística, ArcelorMittal Monlevade, Av. Getúlio Vargas, 100, Centro Industrial, Cep 35930-395, João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: thiago.rodrigues@arcelormittal.com.br

⁴Engenheiro Metalurgista, Gerente de transportes, ArcelorMittal Monlevade, Av. Getúlio Vargas, 100, Centro Industrial, Cep 35930-395, João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: carlos.weidig@arcelormittal.com.br

⁵Administrador de Empresas, Coordenador de processo de transporte, ArcelorMittal Monlevade, Av. Getúlio Vargas, 100, Centro Industrial, Cep 35930-395, João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: cleber.martins@arcelormittal.com.br

⁶Engenheiro de Produção, Projetista, ArcelorMittal Brasil, Av. Getúlio Vargas, 100, Centro Industrial, Cep 35930-395, João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: geraldo.gomes@amcontratos.com.br

⁷Administrador de Empresas, Analista de planejamento e logística, ArcelorMittal Monlevade, Av. Getúlio Vargas, 100, Centro Industrial, Cep 35930-395, João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: gustavo.boratto@arcelormittal.com.br

⁸Administrador de Empresas, Analista de planejamento e logística, ArcelorMittal Monlevade, Av. Getúlio Vargas, 100, Centro Industrial, Cep 35930-395, João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: Ilemar.vasconcelos@arcelormittal.com.br

1 INTRODUÇÃO

O projeto de expansão da ArcelorMittal Monlevade elevará o volume de produção de fio Máquina de 1,2 Mtpa para 2,3 Mtpa. O significativo aumento de produção, conseqüentemente, resultará em maior necessidade de matéria-prima e, desta forma, haverá maior necessidade de movimentação de materiais a montante e a jusante da cadeia produtiva.

Diante do aumento da necessidade de movimentação e dos projetos propostos surgiram dúvidas quanto ao dimensionamento dos recursos propostos: estações e linhas férreas, portarias, pontos de carregamento e descarga, capacidade de estocagem, pontes rolantes, dentre outros. Sendo assim, foi sugerida a condução de alguns trabalhos com o uso de simulação a eventos discretos com o intuito de responder tais questionamentos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Shannon⁽¹⁾ define simulação como sendo a modelagem de um sistema real para realização de experimentos com objetivo de entender o comportamento do sistema e identificar novas estratégias de operação. O presente trabalho visa fornecer auxílio à tomada de decisão, no que diz respeito aos investimentos em projetos relativos ao aumento da capacidade produtiva decorrentes do projeto de expansão da usina.

Fioroni et al.⁽²⁾ conduziram estudos de simulação em um projeto de expansão de uma usina siderúrgica de aços planos. Através do estudo, foi quantificado o número de recursos necessários para alcançar a meta de produção desejada e apontadas soluções operacionais com o intuito de reduzir gargalos produtivos. Os autores representaram o problema de logística de matérias-primas em dois módulos: recebimento/consumo de insumos e transporte. Dado o grande número de variáveis do problema, a abordagem em módulos independentes proporcionou a eliminação de ruídos oriundos da interferência entre os módulos, o que teve como conseqüência a simplificação do modelo. Além disso, é salientado pelos autores o benefício do uso da interface em Excel para elaboração de diversos cenários.

Hamoen, e Moens⁽³⁾ desenvolveram um modelo de simulação que permite avaliar dados (ocupação, tempo de fila etc.) referentes aos equipamentos produtivos e de transporte em uma usina siderúrgica. O estudo discute acerca do deslocamento do gargalo produtivo a partir da mudança de dados de processo.

Neste trabalho são apresentados os resultados e conclusões referentes aos seguintes estudos: fluxo rodoviário, fluxo ferroviário e estocagem de fio máquina.

3 METODOLOGIA E FERRAMENTAS UTILIZADAS

Banks, Carson II e Nelson⁽⁴⁾ consideram que qualquer projeto de simulação deve seguir uma série de passos a fim de alcançar sucesso. Sendo assim, as atividades desenvolvidas em todos os projetos de simulação foram conduzidas utilizando a metodologia PDCA.

A etapa de planejamento foi constituída pelo escopo do trabalho, além de uma revisão de literatura de trabalhos correlatos. Paralelamente à etapa de revisão, iniciou-se o estudo da situação atual que contemplou debates com especialistas e operadores, estudo de tempos e movimentos, como também, modelagem e análise estatística de dados. A análise estatística foi realizada com o auxílio do Minitab v.14 e do Excel 2007.

Na etapa de execução, os modelos foram desenvolvidos no software ProModel versão 7.0 e tiveram como entrada distribuições estatísticas com intuito de propiciar cenários mais próximos da realidade.

Conforme destacado por Schlesinger et al.,⁽⁵⁾ todo modelo de simulação deve ser calibrado e validado a fim de oferecer credibilidade aos resultados. Os modelos desenvolvidos no presente trabalho seguiram esses passos, obtendo, portanto a confiança necessária das respostas com relação aos cenários futuros. Os resultados obtidos foram exportados para o Excel para facilitar a análise estatística dos dados.

Além da análise de processo, existia a demanda por tomada de decisão no que tange à estocagem de fio máquina. Para atender esse propósito foi construído em 3D um protótipo do galpão utilizando o software Google SketchUp versão 6.4. Dentre os benefícios deste programa destaca-se a facilidade de manuseio, interface amigável e integração com outros aplicativos.

4 DESENVOLVIMENTO

Inicialmente, foi realizado um mapeamento da cadeia de suprimentos da usina. Neste estudo, foram consolidados 22 classes de insumos e dois produtos. Para operacionalizar essa logística, a usina contará com duas estações férreas, quatro portarias rodoviárias e cerca de 50 pontos de carga e descarga, conforme ilustrado pela Figura 1.

A análise dos fluxos movimentados foi o ponto de partida para os estudos de simulação. Os volumes de insumos e produtos foram convertidos em números de carretas e/ou vagões transportados. Também, foi realizado o levantamento dos acessos possíveis (rodoviário e ferroviário) para cada produto, considerando as vias atuais e as possíveis vias futuras e os respectivos volumes de cada material. Foi considerado o impacto de algumas variáveis como horário de movimentação do material, velocidade do modal de transporte e intensidade do fluxo em condições normais e intensas. As informações referentes à

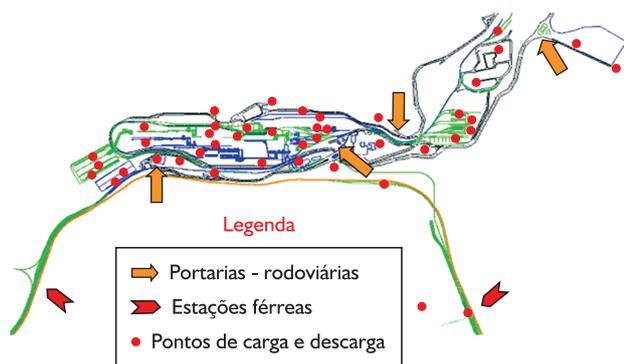


Figura 1. Layout da planta industrial.

movimentação dos insumos e produtos da usina foram verificadas e validadas com os especialistas de cada área produtiva, o que resultou na produção de um documento denominado *Supply Chain* que contém as informações necessárias para alimentar o modelo de simulação. Um modelo macro foi construído com o intuito de avaliar o fluxo nas portarias e o impacto nos pontos de carregamento e descarga rodoviários, bem como as interferências com o modal ferroviário.

Outro modelo específico foi desenvolvido para dimensionar a capacidade das estações ferroviárias e avaliação do fluxo ferroviário, ambos criados em parceria com os responsáveis pela operacionalização da logística.

Seguindo a diretriz de redução de complexidade nos modelos, salientada no trabalho de Fioroni et al.,⁽²⁾ foi decidido criar uma simulação independente da inicial, que abordasse a recepção, armazenagem e despacho de fio máquina no cenário pós-expansão. Este modelo representa distintos cenários de volume e formas de operação logística (variação do modal de carregamento, mudança do layout de estocagem etc.), o que permite avaliar a capacidade de estocagem e ocupação de pontes rolantes e empilhadeiras. Além do modelo de simulação no ProModel, foi construído um modelo em 3D no software Google SketchUp (Figura 2), que propiciasse melhor visualização do galpão de estocagem considerando três requisitos básicos: capacidade, flexibilidade e segurança.

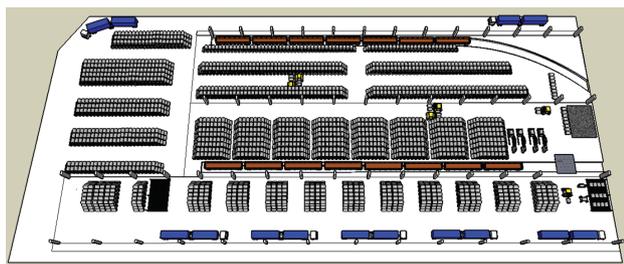


Figura 2. Novo galpão de estocagem de fio máquina (Google Sketchup).

O fio máquina deverá ser transportado até o novo galpão de estocagem, localizado a cerca de 80 metros do fim da laminação. Perpendicular ao trajeto das bobinas, existe uma via rodoviária e uma ferroviária de fluxo intenso ($\mu > 30$ veículos/h). Perante tal circunstância, foi necessário avaliar alternativas de transferência do fio máquina para o novo galpão de estocagem, sendo elas: transportador automático, pontes rolantes ou túnel.

A movimentação interna das bobinas no novo galpão poderia ser realizada com pontes rolantes e/ou empilhadeiras, entretanto, a escolha dessa forma de operação teria seu reflexo no custo operacional e na capacidade de estocagem. Também, foram considerados outros fatores que influenciariam a capacidade de estocagem, dentre eles, é possível citar a dimensão das ruas e baias, políticas de estocagem, o layout do galpão e números de andares de estocagem.

A expedição de fio máquina será realizada através do modal ferroviário ou rodoviário. Dessa forma, foi de interesse identificar o mix ideal de expedição e qual impacto esse mix traria para o sistema logístico da usina e comunidade.

A Figura 3 representa o status das obras no primeiro semestre de 2010.

As obras de infra-estrutura do projeto de expansão já estão avançadas e o seu término está previsto para o segundo semestre de 2012.



Figura 3. Status da nova portaria e galpão de expedição em 2010.

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

Diversos cenários foram elaborados no que diz respeito ao volume de produção, à capacidade de recursos produtivos e de transporte e às formas de operação.

5.1 Fluxo Rodoviário / Ferroviário

O aumento da produção demandará, por consequência, a necessidade de mais insumos, o que dobrará o número médio de veículos na usina de acordo com o cenário atual. A utilização de uma nova portaria, já esperada no projeto inicial, é essencial para operacionalização do aumento de capacidade (Figura 4).

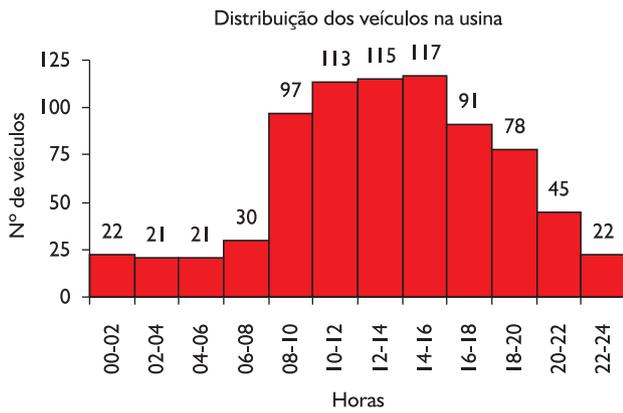


Figura 4. Histograma do fluxo de veículos na Usina.

A concentração do fluxo rodoviário durante o período administrativo acarreta em maiores conflitos na movimentação e altos tempos de fila. Portanto, uma alternativa para mitigar os efeitos decorrentes do aumento do fluxo rodoviário é deslocar o horário de movimentação de algumas matérias-primas para horários noturnos, com o objetivo de gerar um fluxo de movimentação mais balanceado.

Após direcionamento de cada produto à respectiva portaria de entrada e saída, foram avaliados os indicadores de desempenho.

O tamanho de fila foi satisfatório na entrada da nova portaria, no qual a média foi de 1,2 veículos e um número inferior a 5 veículos em 95% do tempo (Figura 5).

No que diz respeito à avaliação dos principais pontos de carregamento e descarga, foi realizada uma análise considerando os projetos apresentados pela área de Engenharia e Projetos, sendo possível constatar que os projetos previstos atendem as necessidades no cenário futuro (Figura 6).

Foram realizados experimentos examinando os fluxos esperados de matérias-primas e produtos acabados. A usina dispõe de duas estações férreas que, no cenário de expansão, terão suas capacidades expandidas. Diante

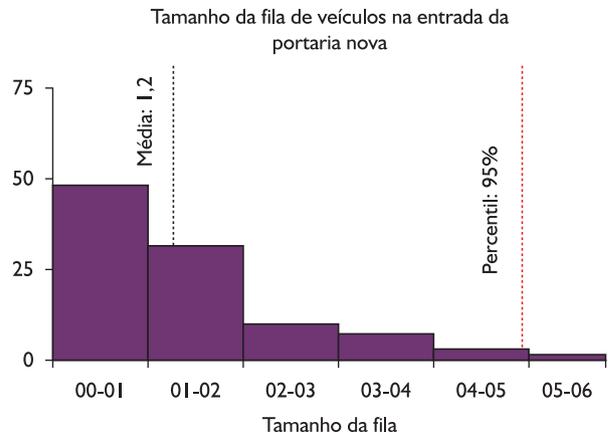


Figura 5. Fila na entrada da nova portaria.

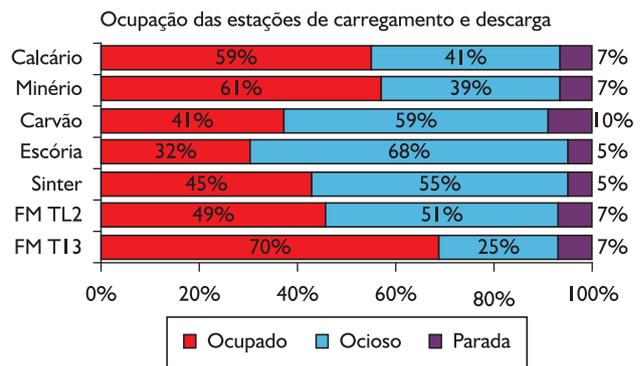


Figura 6. Ocupação das estações de carregamento e descarga.

da presente situação, foram elaborados três cenários de operação (OPI, OP2 e OP3), sendo variada a estação de recepção das matérias-primas e expedição dos produtos acabados.

No projeto das estações férreas, dispunha-se de duas alternativas de investimento (A e B) para a estação BV e três alternativas para estação JM (A, B e C). Entretanto, o modo de operação dos insumos e produtos influencia diretamente na escolha do investimento, pois a maior utilização de uma estação acarreta em menor utilização da outra.

Dentre os três modos de operação simulados, a operação intermediária (OP2) emergiu como a melhor opção de operação, pois, além de propiciar um fluxo mais balanceado, necessita de um menor investimento para viabilizar sua operação. Dessa forma, foi possível optar pelo investimento B na estação BV e investimento C na estação JM, no qual foi possível alcançar um mix de propostas mais interessantes do que o inicial (Figura 7).

Os pontos críticos deverão ser monitorados e, para atingir este objetivo, uma central de tráfego será necessária para realizar o controle do fluxo rodoviário e ferroviário.

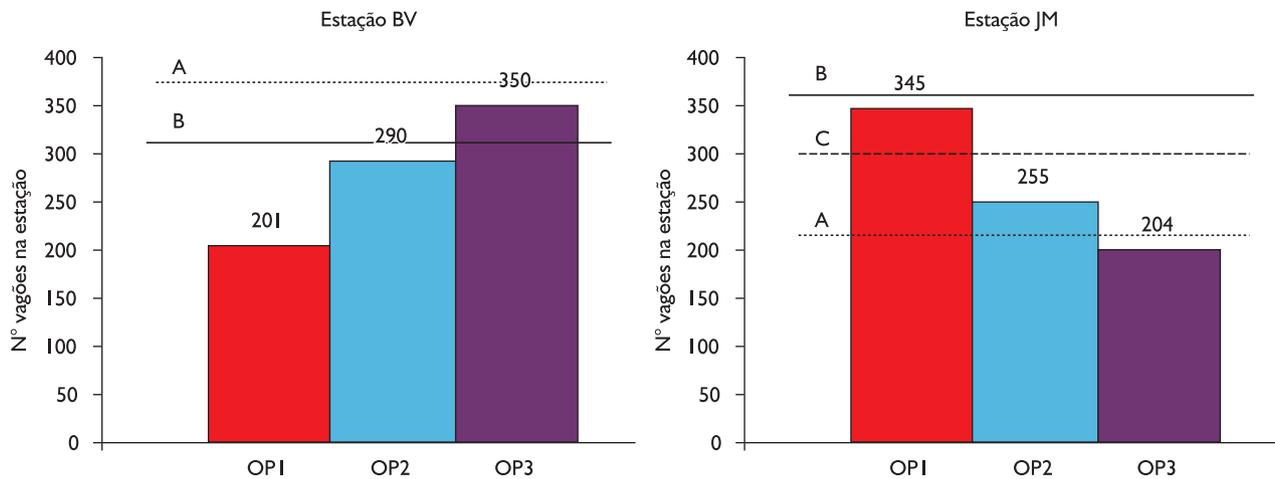


Figura 7. Propostas das estações férreas e modo de operação.

5.2 Estocagem

Devido à restrição de espaço físico, foi disponibilizada uma área de 20.000 m² (100 m × 200 m). Dentre as três opções de transporte do fio máquina dos laminadores para o galpão, a opção de transferência por túnel foi a mais viável. A transferência por pontes, apesar de ser financeiramente mais atrativa, operacionalmente não era interessante, pois uma parada superior a quatro horas poderia acarretar, até mesmo, na parada de um dos laminadores devido à falta de espaço para armazenagem no hall do laminador. A opção do transportador é interessante, entretanto, devido ao seu alto custo de implantação foi descartada.

A modelagem do galpão em 3D permitiu avaliar a disposição física de algumas políticas de armazenagem apresentadas como: corredores, quadras e misto. Cada uma das políticas estava associada à diferentes capacidades de armazenagem e condições operacionais. A política de armazenagem por corredores oferece menor capacidade de armazenagem - 13.800 t, entretanto, oferece flexibilidade na movimentação. Já a política de armazenagem por quadras oferece maior capacidade de armazenagem - 17.000 t, contudo, torna o processo de movimentação mais rígido. Por último, a política mista seria o meio termo das duas anteriormente apresentadas, no qual oferece capacidade de armazenagem de 15.100 t.

A simulação no ProModel utilizou, como possíveis cenários, as três políticas de armazenagem, além de considerar as movimentações de ponte rolantes, empilhadeiras, caminhões e vagões nos processos de recepção, armazenagem e expedição. Dentre as opções apresentadas, a política mista foi a mais atrativa, pois, a armazenagem por corredores não atende a necessidade de capacidade mínima e a política por quadras não permite a movimentação demandada no estoque.

Mesmo com a estratégia mista, a capacidade de armazenagem ainda não seria suficiente para atender a necessidade de armazenagem projetada no cenário de expansão. Dessa forma, foi levantada a possibilidade de realizar uma mudança na forma de operação da logística externa atual com o objetivo de reduzir o tempo médio de armazenagem dos produtos, o que gera, assim, redução do estoque médio. Esta ação possibilitará uma redução do estoque médio de 18% (de 14.610 t para 12.050 t), conforme Figura 8.

Uma alternativa proposta foi a utilização de estoques avançados ou realizar a busca de maneiras para reduzir o tempo dos testes de qualidade.

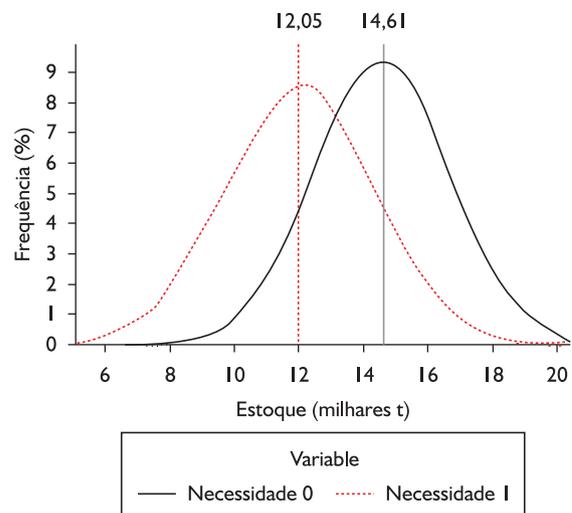


Figura 8. Redução do estoque com diminuição do tempo de liberação.

A operação de estocagem será realizada com empilhadeiras e o carregamento ferroviário com pontes rolantes. Atualmente, 60% dos produtos são expedidos através do modal ferroviário, sendo que, após a expansão, será possível expedir até 75% dos produtos. Valores superiores a este exigirá investimentos para aumentar a capacidade ferroviária, dentre eles, a instalação de mais uma ponte rolante.

6 CONCLUSÕES

O uso de uma ferramenta de simulação permitiu compreender melhor o cenário a ser enfrentado na operação futura e com isso antecipar possíveis conflitos e propor regras operacionais hoje não existentes para minimizar tais conflitos.

Através do presente trabalho, obteve-se a otimização da capacidade de estocagem e do dimensionamento de recursos perante restrições de espaço físico, operação e investimentos.

A oportunidade de avaliar a distribuição física dos equipamentos e a movimentação de recursos (empilhadeiras, pontes-rolantes, caminhões, locomotivas e vagões) foi outro benefício oferecido pela simulação, já que é possível testar o impacto de distintas alternativas sem a necessidade de instalação das mesmas.

Além disso, os resultados da simulação possibilitaram quantificar o impacto de cada decisão nos resultados esperados, tais como, produção, ocupação projetada e tempo de fila, o que permitiu apontar caminhos para um projeto mais eficiente.

Outro benefício alcançado através do presente estudo foi a disseminação do uso de ferramentas de modelagem na empresa que contribuiu para criação de uma cultura de estudos de dimensionamento de capacidade a partir de distribuições estatísticas ao invés de se utilizar apenas médias, as quais não demonstram a real variabilidade dos processos.

Esta abordagem permite avaliar as propostas do projeto de forma sistêmica, considerando as correlações e interferência do projeto em sua totalidade. Essa visão é fundamental na tomada de decisão já que a cadeia é integrada e mudanças de variáveis locais podem afetar o resultado global.

Agradecimentos

Aos especialistas e operadores de cada área produtiva pela grande contribuição na etapa de construção e validação do modelo conceitual e computacional.

Ao Eng. Marcelo Fugihara, representando a Belge Engenharia, pelo constante apoio na condução dos projetos e suporte no uso do software ProModel.

REFERÊNCIAS

- 1 SHANNON, R. E. *System simulation: the art of science*. London: Prentice-Hall, 1975.
- 2 FIORONI, M. et al. Simulation based decision for steelmaking operations challenges. In: 2005 WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2005, Orlando, Fl. *Proceedings...* [S.l.: S.n.], 2005. p. 2657-62.
- 3 HAMOEN, S. C.; MOENS, D.-J. Logistic simulator for steel producing factories. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 34., 2001, San Diego, CA. *Proceedings...* [S.l.: S.n.], 2002. v. 2, p. 1315-8.
- 4 BANKS, J.; CARSON II, J. S.; NELSON, B. *Discrete event system simulation*. 2. ed. London: Prentice-Hall, 1996.
- 5 SCHLESINGER, S. Terminology for model credibility. *Simulation*, v. 32, n. 3, p. 103-4, Mar. 1979. <http://dx.doi.org/10.1177/003754977903200304>

Recebido em: 29/10/2010

Aceito em: 17/08/2011