

Otimização da produção de tampas para garrafas pet

Rafael Alvise Alberti (Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC) alberti_rafael@yahoo.com.br

Guilherme Brittes Benitez (Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC) guilherme.benitez@hotmail.com

Henrique Muller (Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC) aiमित@hotmail.com

Matheus Becker da Costa (Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC) matheusbdacosta@gmail.com

João Carlos Furtado (Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC) jcarlosf@unisc.br

Resumo:

Técnicas e ferramentas de simulação são indicadas para o planejamento de projetos e operações de sistemas de produção industrial, possibilitando aferir tempos de processos, extraindo o máximo rendimento dos recursos além de avaliar mudanças a partir de cenários de simulação. Desta forma, o estudo de caso, através da simulação computacional avaliou alterações no processo produtivo de confecção de tampas para garrafas pet. Foi proposta a substituição do transporte manual por outro realizado por esteira. Os resultados demonstraram de maneira geral uma melhora na fluidez do processo, diminuição de mão de obra e aumento de produção em margens próximas a 1% ou 32 mil tampas/dia.

Palavras chave: Otimização, Produção, Simulação.

Optimization of the production of caps for pet bottles

Abstract:

Techniques and simulation tools are suitable for the project planning and operations of industrial production systems, making it possible to measure times of processes, extracting the maximum efficiency of resources in addition to assess changes from simulation scenarios. In this way, the case study, through computer simulation assessed changes in the productive process of manufacture of caps for pet bottles. It was proposed to replace the manual transport by other directed by Mat. The results showed a general improvement in fluidity of the process, reducing labor and production increase in margins close to 1% or 32 thousand caps/day.

Key-words: Optimization, Production, Simulation.

1 Introdução

Acelerar o tempo dos processos produtivos, extraindo o máximo rendimento dos recursos e equipamentos em prol de uma produção também maximizada, com custos e perdas minimizados, tem sido uma das principais metas das empresas. Para lidar com esta realidade e

com a crescente exigência do mercado, as decisões organizacionais aliadas a produção devem ser as mais assertivas possíveis. Devido a isto, as indústrias têm focado esforços na personalização de suas estratégias de produção (YEE et al., 2013).

Os modelos de simulação se tornaram fundamentais como ferramentas auxiliares na tomada de decisão, pois, devido à competitividade para suprir as necessidades dos consumidores é exigido respostas rápidas dos setores produtivos, sendo elas as mais assertivas e com menores custos possíveis. Capaz de imitar o funcionamento de sistemas reais, a simulação computacional de sistemas produtivos é uma forte ferramenta para o planejamento, processo e controle de sistemas produtivos complexos (ASPENTECH, 2001; COSTA, 2002; SILVA, 2006; UM, HYEONJAE, LEE, 2009; MORABITO e PUREZA, 2010; PARAGON, 2011).

Neste contexto, destacam-se técnicas e ferramentas de simulação, como instrumento de trabalho e modelagem, indicadas para o planejamento de projetos e operações dos sistemas de produção industrial (CHAHARBARGHI, 1990). Além de fornecer experiências, a vantagem de simular consiste em oferecer meios de analisar os processos e encontrar oportunidades de melhorias, rotas que facilitem esse trabalho (CLANCY, 2008). De acordo com Choudhury e Korvin (2002), métodos de simulação apresentam bons resultados na integração de processos e também na análise de cenários futuros. Outra vantagem é a possibilidade de descobrir antecipadamente qual o resultado ideal e se é possível realizá-lo, não havendo a necessidade de produção real.

Portanto, este artigo objetiva demonstrar a utilização da simulação como forma de avaliar uma proposta de alteração no processo produtivo de tampas poliméricas de embalagens do tipo pet.

2 Simulação

A simulação pode ser caracterizada como peça-chave do atual mundo capitalista que apresenta alta competitividade, pois ela tem como característica prover informações para o planejamento e controle de processos (GANE, 2006).

Segundo Torga et al. (2006), suas aplicações na manufatura e os benefícios são:

- (I) mensurar a necessidade ou quantidade de maquinário ou funcionários extras;
- (II) avaliar desempenhos e;
- (III) avaliar procedimentos operacionais.

Tendo como principais medidas de avaliação do desempenho:

- (I) volume de produção;
- (II) tempos;
- (III) percentual de ocupação/utilização e;
- (IV) custos.

Através da geração de modelos computacionais, permite analisar cenários e suas implicações sobre o sistema real simulado, verificando situações ora de otimização ora de condições anômalas (PROCTOR, 1997). Grandes modificações geram grandes investimentos e ainda com a incerteza de um resultado favorável na produção real, por isso a simulação computacional permite uma visualização antecipada e detalhada do funcionamento e ainda avalia cenários alternativos, indicando opções com menores custos/menores ganhos (SAKURADA e MIYAKE, 2009; BANKS et al. 2010; ALBERTI et al., 2013).

Em ambientes manufatureiros possibilita aferir as resultantes de alterações micro, em uma visão geral (macro) do sistema (BANKS et al, 2005; DIEHL et al, 2009). Ou seja, permite

aos gestores ou usuários, o experimento de novas tecnologias e testes das mais variadas maneiras, com posterior geração de relatórios e indicadores, em busca do aperfeiçoamento das operações, sem comprometer recursos (PEDGEN, 2010).

Porém, ferramentas de simulação possuem limitações como a complexidade dos modelos, que pode ser dispendioso em questão de tempo de modelagem; a necessidade de softwares e hardwares atualizados; o conhecimento e vivência do sistema real, bem como uma quantidade substancial de dados de qualidade para validação do modelo.

3 Material e Métodos

As empresas tem focado a simulação de computador para acelerar na elaboração de projetos e minimizar os tempos em produção (AHRENS e PAGEAU, 2002). Para elaboração do modelo de simulação pretendido, foi selecionado o *software Rockwell ARENA®* em versão *Student*, por ser de acesso aberto (gratuito) e conter diversos recursos para modelagem, animação, análise estatística e de resultados, permitindo também a interação de elementos dinâmicos em situação na qual elementos estáticos formam o ambiente (NETO e PINTO, 2004).

3.1 Sistemática Proposta

Como procedimentos metodológicos optou-se por adaptação à sistemática proposta por Banks et al. (2005), subtraindo algumas etapas, de forma que fosse aplicado um modelo sucinto. A figura 1 demonstrada a sistemática escolhida.

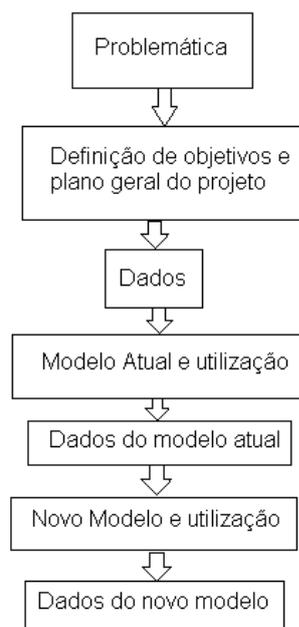


Figura 1 – Proposta de sistemática para modelagem e simulação. Fonte: Adaptado de BANKS et al. (2005)

3.2 Problemática

Segundo Alberti et al. (2013) a formulação do problema busca esclarecer e expressar o problema a ser estudado. Esta etapa é de fundamental importância para o direcionamento à conclusões efetivas.

Como ambiente de estudo, tem-se uma empresa de polímeros do Brasil, conhecida por oferecer aos seus clientes um grande portfólio de tampas e sistema de fechamento, com tecnologia by *GCS-Global Closure Systems*, criando soluções e inovações, valorizando e maximizando o desempenho dos produtos de seus clientes.

A empresa apresenta problemas com o deslocamento das tampas após o processo de injeção, sendo acumuladas em “Totens” com capacidade de 56.000 unidades, que quando cheio é transportado manualmente até o processo de *Folding*.

Como forma alternativa à atual, buscou-se responder se “a substituição do *Toten* e do transporte manual por uma esteira transportadora resultaria em ganhos finais de produção?”.

3.3 Definição de objetivos

Conforme a sistemática proposta, é nesta etapa que se avalia a adequação da simulação e metodologia do problema e objetivos desejados. Assim, definiu-se um plano de trabalho, onde deve conter os sistemas alternativos a serem considerados e indicadores de desempenho, o número de pessoas envolvidas, o custo do estudo, o número de dias necessários para completar cada fase do trabalho junto com os resultados esperados ao fim de cada estágio (BANKS et al, 2005).

Um fator diferencial no custeio de um processo de manufatura é o lead time. Sua redução resulta em menores custos de operação e agrega benefícios ao consumidor. Movimentações de materiais por meio de operações eficientes resultam em sistemas mais enxutos e produtivos (GARCIA et al., 2001). O tempo ganho com a redução de *lead time* é um investimento na satisfação do consumidor e na redução dos custos da manufatura (SLACK, 1993).

Portanto, objetivou-se construir um modelo de simulação representativo ao real, para validação do modelo computacional e outro para a alteração pretendida, avaliando ao fim os ganhos finais de produção.

3.4 Dados

Sendo uma das etapas mais demoradas no projeto de modelagem, na coleta de dados há uma interação contínua entre a criação do modelo conceitual e o conjunto de dados de entrada necessários, onde conforme a complexidade do modelo muda ocorre mudanças nos elementos de dados também (HARREL et al., 2000; BANKS et al., 2005).

Vale ressaltar também que a etapa de definição de dados é uma das mais importantes para a realização do presente trabalho. Segundo Gomes (201-) é necessário saber onde e como encontrar a informação, pois ela é uma ferramenta estratégica utilizada para a tomada de decisões.

Para a coleta, foi necessário determinar os tempos de operação nos setores de: (a) Injeção, (b) Dobra, (c) Corte (d) Colocação do Liner, (e) Impressão, (f) Montagem das Caixas, (g) Etiquetagem e (h) Conferência Final. Estes tempos de operação são compostos pelo tempo de processamento, tempo de transporte tempo de espera. Nesta etapa os dados necessários para a construção do modelo computacional foram coletados no chão de fábrica. Tendo as informações do processo produtivo, apresentadas no Quadro 1.

Recursos	7 recursos
Atividades	10 processos
Controles	Sequência de operações das peças - Programação

Quadro 1 – Informações do processo. Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram adotadas amostras com 10 observações e posteriormente os dados foram analisados através do *Input Analyzer*, uma ferramenta do software Arena, que permite aferir a

melhor curva probabilística, ou seja, a expressão que melhor representa a duração em tempo de cada processo (XIE e SIMON, 2006).

3.5 Modelo Atual

A tradução do modelo consiste em transferir o modelo conceitual para a linguagem do simulador utilizado. Para alcançar os propósitos do modelo, o ideal é iniciar com um modelo simples e ir aumentando gradativamente a complexidade sem ultrapassar os requisitos. (HARREL et al., 2000; BANKS et al., 2005; PRADO, 2009).

O fluxograma do processo “tampa para garrafa pet” é apresentado na Figura 2. Este fluxograma representa apenas uma linha de produção da empresa, na qual há três operadores para controlar e fiscalizar periodicamente cada setor: injeção, dobra, corte.

No setor de colocação do liner há dois funcionários juntos às máquinas do processo e todas estas operações são realizadas por máquinas automatizadas conectadas por esteiras. O único ponto onde não há esteira é entre setor de injeção e dobra, no qual o operador do setor de injeção faz o transporte via *toten*.

Em cada processo, por amostragem, é realizada a inspeção dos componentes produzidos e se necessário há a interrupção do ciclo produtivo. No setor de impressão, a máquina realiza todo o processo (automatizado) sob fiscalização de outro operador. Após a inspeção da impressão, as tampas são colocadas em caixas posteriormente lacradas, etiquetadas e filmadas, além da conferência final da embalagem, para estas últimas etapas há dois funcionários.

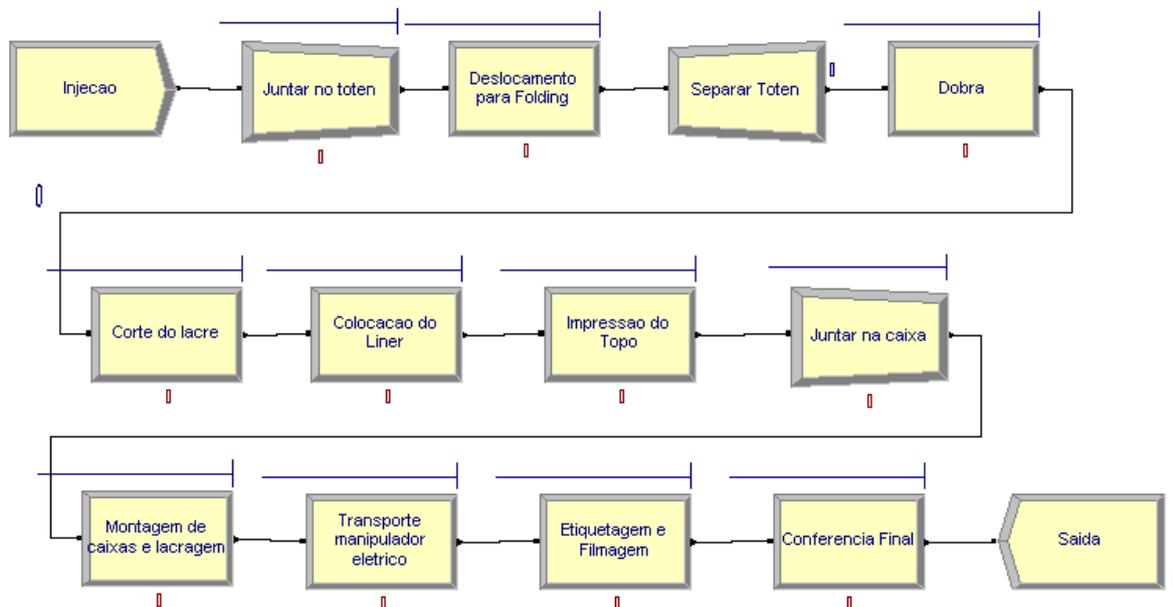


Figura 2 – Fluxograma do processo atual. Fonte: Elaborado pelos autores.

3.6 Dados do modelo Atual

Com o relatório fornecido pelo software, foram analisados os tempos de espera (filas) em cada processo e a utilização dos recursos disponíveis, conforme apresentado no Quadro 2.

Operação	Tempo em Fila (segundos)	Recurso	Ocupação do recurso (%)
----------	--------------------------	---------	-------------------------

Juntar Toten	1129	-	-
Deslocamento Folding - Transporte Toten	0	Aux. Produção*	7,77
Dobra	989	Folding	87,45
Corte do Lacre	0	Slitter	85,63
Colocação do Liner	66	Liner	93,26
Impressão do Topo	0	Top Printer	9,23
Juntar na caixa	106	-	-
Montagem de Caixas e Lacragem	0	Aux. Produção Caixas	52,64
Transporte Manipulador Elétrico	0	Manipulador Elétrico	21,26
Etiquetagem e Filmagem	0	Aux. Produção Caixas	52,64
Conferência Final	0	Aux. Produção Caixas	52,64

Quadro 2 – Dados do modelo atual. Fonte: elaborado pelo autor.

3.7 Tradução do Modelo Proposto

O modelo proposto insere uma esteira após o processo de injeção, retirando o *Toten*, seu deslocamento manual e o auxiliar de produção responsável. O fluxograma do modelo de simulação está representado na Figura 3.

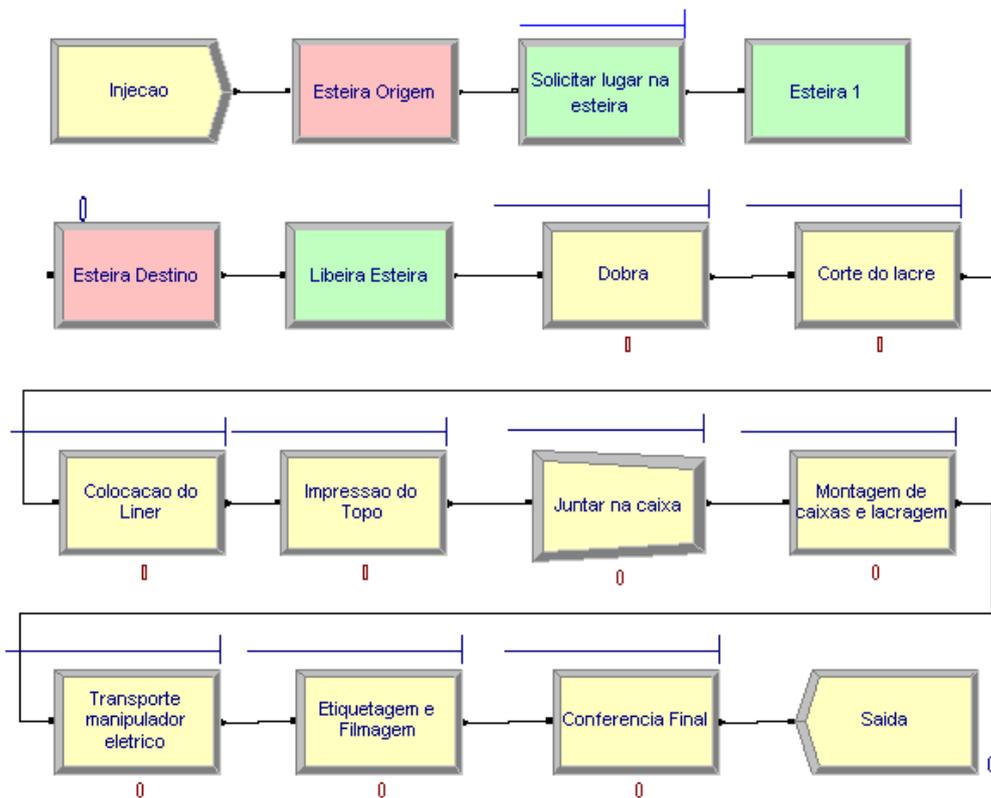


Figura 3 – Fluxograma do processo proposto. Fonte: Elaborado pelos autores.

A adoção da esteira tem como principal objetivo evitar o tempo de espera nos totens até a passagem para o próximo processo, buscando tornar o processo mais automatizado e contínuo.

3.8 Dados do Modelo Proposto

A simulação do modelo proposto resultou nos dados apresentados no quadro 4.

Operação	Tempo em Fila (segundos)	Recurso	Ocupação do recurso (%)
Transporte Injeção para Dobra	0	Esteira	7,74
Dobra	2	Folding	87,96
Corte do Lacre	0	Slitter	86,13
Colocação do Liner	0	Liner	93,86
Impressão do Topo	0	Top Printer	9,28
Juntar na caixa	106	-	-
Montagem de Caixas e Lacragem	0	Aux. Produção Caixas	53,03
Transporte Manipulador Elétrico	0	Manipulador Elétrico	21,40
Etiquetagem e Filmagem	0	Aux. Produção Caixas	53,03
Conferência Final	0	Aux. Produção Caixas	53,03

Quadro 4 – Dados do modelo proposto. Fonte: elaborado pelo autor

4 Resultados e Discussões

Quando levamos em consideração a complexidade de alguns elementos do sistema produtivo, como variações da ocorrência de eventos e complexidades associadas a próprias decisões dos sistemas dinâmicos, a aplicação da Simulação nos permite responder questões como “*what if*” (e se...). As aplicações focadas em responder questões do tipo “*how to*” (como ou o quê), são tradicionalmente relacionadas com a Otimização, onde este por sua vez, busca maximizar respostas do vetor de indicadores de interesse (AZADIVAR, 1999; BOWDEN & HALL, 1998).

Analisando os dados estatísticos gerados pelos relatórios de simulação, verifica-se que ao implementar a esteira, o gargalo do processo (*toten*) é eliminado e o tempo de espera geral do processo é drasticamente reduzido. Desta forma, é correto afirmar que esta alteração otimiza o processo de fabricação específico como um todo.

Para fins de avaliação, a produção final aferida em lotes de 64 tampas, passa de 68720/dia para 69222/dia, ou seja, um ganho de 502 lotes ou aproximadamente 32000 tampas/dia. Outro aspecto positivo da adoção de uma esteira é o fato de todos os demais processos já serem ligados por mecanismos semelhantes, além da possibilidade de ajustes finos em sincronia e atuação, devido a capacidade e velocidade ajustáveis destes elementos transportadores.

Como a simulação tem por objetivo prever a probabilidade de problemas futuros, sua otimização é identificada através deste valor gerado antecipadamente, para que se possa agir antes mesmo que ele aconteça, garantindo que o plano de produção seja atingido de uma maneira mais efetiva e aumentando o potencial de geração de valor da empresa. (CASSEL e

VACCARO, 2007). Assim, se o resultado desta ação for positivo, após a avaliação do cliente, o projeto é considerado um sucesso.

Portanto, a utilização de ferramentas computacionais além de auxiliar na avaliação de cenários produtivos, auxilia na escolha das melhores decisões gerenciais estratégicas, apoiando os gestores quanto às instalações e programação da produção.

Referências

AHRENS, G.; PAGEAU, G. *Trends in the robotic simulation industry.* Assembly Automation, v. 22, n. 3, p. 230-234, 2002

ALBERTI, R. A. et al. *Uso de simulação computacional para avaliação de cenários produtivos em empresa de acessórios para motociclistas.* In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - CONBREPRO, Ponta Grossa. Anais... Ponta Grossa, PR, Brasil, 2013.

AZADIVAR, F. *Simulation Optimization Methodologies.* Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference, p.93-100, 1999.

BANKS, J. et al. *Discrete event system simulation.* 4rd Ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2005.

BANKS, J., CARSON, J.S., NELSON, B.L., NICOL, D.M. *Discrete-event system simulation.* 5nd ed., New Jersey: Prentice Hall, 2010.

BOWDEN, R. & HALL, J. *Simulation Optimization Research and Development.* Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, p.1693-1698, 1998.

CASSEL, G. L.; VACCARO, G. L. R. *Aplicação de Simulação Otimização para Definição do Mix Ótimo de Produção de uma Indústria Metal-Mecânica.* In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia – ENEGEG, Foz do Iguaçu, 2007.

CHAHARBARGHI, K. *Using Simulation to Solve Design and Operational Problems.* International Journal of Operations & Production Management, Londres, v. 10, n. 9, p. 89-105, 1990

CHOUDHURY, M. A.; KORVIN, G. *Simulation versus optimization in knowledge-induced fields.* Kybernetes, Canadá e Arábia Saudita, v. 31, n. 1, p. 44-60, 2002

CLANCY, C. M. *The Importance of Simulation: Preventing Hand-off Mistakes.* AORN Journal, v.88, n.4, p. 625-627, 2008.

DIEHL, F.C. et al. *Simulação Operacional de uma Torre de Destilação Atmosférica via Aspen Plus e Avaliação de Modelos de Analisadores Virtuais.* Revista Controle & Automação, v.20, n.3/Julho, Agosto e Setembro, 2009

GANE, N. *Simulation.* Theory Culture & Societ, v. 23, n.2-3, p. 282-283, 2006.

GARCIA, E.; LACERDA, L.; AROZO, R. *Gerenciando incertezas no planejamento logístico: o papel do estoque de segurança.* Revista Tecnológica, v. 63, p. 36-42, 2001.

GOMES, R. *A importância da informação.* Disponível em: < <http://www.administradores.com.br/producao-academica/a-importancia-da-informacao/2820/> > Acesso em: 16 jun., 19:30h. 2014.

HARRELL, C.; GHOSH, B. K.; BOWDEN, R. *Simulation using Promodel,* 3rd ed. Boston: McGraw-Hill. 603 p. ISBN 0-07-234144-0, 2000.

MORABITO, R.; PUREZA, V. *Modelagem e simulação.* In: CAUCHICK MIGUEL, P.A.C. et al. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. Rio de Janeiro: Elsevier, p.165-192, 2010.

NETO, A. N. R.; PINTO, L. R. *Template do programa Arena para simulação das operações de carregamento e transporte em minas a céu aberto.* Rem: Rev. Esc. Minas, v.57, n.1, Ouro Preto, Jan./Mar. 2004

PARAGON. Simulação. Disponível em < http://www.paragon.com.br/padrao.aspx?Produtos_content_lst_2307_.aspx >. Acesso em: 05 jun., 10:20h. 2011.

PEDGEN, C. D. *Importância do Software de Simulação.* Disponível em <
<http://engproducaoconceitual.blogspot.com.br/2010/07/importancia-de-software-de-simulacao.html> >. Acesso em: 09 jun., 10:55h. 2014

PRADO, D. S. *Teoria das filas e da simulação.* 4. ed. Nova Lima, MG: INDG-Tecnologia e serviços, p. 127, 2009.

PROCTOR, T. *Simulation in the office.* Work Study, Reino Unido, v. 46, n. 1, p.20-24, 1997

SAKURADA, N. e MIYAKE, D. I. *Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços.* Gestão e produção. São Carlos, ano 2009, v. 16, n. 1, Jan./Mar. 2009.

SILVA, A. K. *Método para avaliação e seleção de softwares de simulação de eventos discretos aplicados à análise de sistemas logísticos.* 212p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2006.

SLACK, N. *Vantagem competitiva em manufatura.* São Paulo: Atlas, 1993

TORGA, B. L. M.; MONTEVECHI, J. A. B.; PINHO, A. F. *Modelagem, simulação e otimização em sistemas puxados de manufatura.* In: XIII Simpósio de Engenharia de Produção - SIMPEP, Bauru. Anais... Bauru, SP, Brasil, 2006.

UM, I.; HYEONJAE, C.; LEE, H. *The simulation design and analysis of a Flexible Manufacturing System with Automated Guided Vehicle System.* Journal of Manufacturing Systems, v.28, p. 115-122, 2009.

XIE, X.; SIMON, M. *Simulation for product life cycle management.* Journal of Manufacturing Technology Management, Reino Unido, v. 17, n. 4, p. 486-495, 2006.

YEE, R. W. Y et al. *Market competitiveness and quality performance in high-contact service industries.* Industrial Management & Data Systems, Hong Kong, v. 113, n. 4, p. 573-588, 2013.