

**SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DO SISTEMA DE FABRICAÇÃO DE
SAPATAS DIAMANTADAS – UM ESTUDO DE CASO**

Bastos P.J.T.¹, Rangel J.J.A.², Guimarães E.R.S.³

¹IFF/ NPO - Núcleo de Pesquisa Operacional, patrickbastos01@gmail.com

²IFF/NPO - Núcleo de Pesquisa Operacional, joao@ucam-campos.br

³UCAM/NPO - Núcleo de Pesquisa Operacional, eglon_rhuan@hotmail.com

Resumo - O presente trabalho objetiva analisar por simulação computacional o processo de produção de sapatas diamantadas, avaliando o número de operadores nos processos, *layout* das máquinas, fluxo de produção, dentre outros parâmetros importantes para avaliar a dinâmica do sistema e as regras operacionais. A análise destes parâmetros visa auxiliar a tomada de decisão necessária para a implementação da empresa que será a primeira fábrica brasileira para produção de ferramentas diamantadas, com tecnologia desenvolvida na UENF e incubada no TEC-Campos.

Palavras-chave: Ferramentas Diamantadas, Simulação, Diamante.

Área do Conhecimento: Engenharia.

Introdução

O Estado do Rio de Janeiro é o quinto maior produtor de rochas ornamentais do Brasil. Segundo **Zepeda (2009)**, o estado possui um parque de processamento de 1500 empresas que geram mais de 11 mil empregos formais distribuídos na região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro e nas regiões norte - noroeste. Todavia, estas empresas dependem da importação de tecnologias de extração de rochas, além de diversas ferramentas diamantadas, que são usadas em processos de corte e polimento. Diante disso, foi identificado um potencial “nicho de mercado” na região fluminense. Esta oportunidade alavancou a criação da empresa ABRASDI, a qual se propõe a produzir novas ferramentas diamantadas com tecnologia totalmente brasileira.

A criação da ABRASDI é uma iniciativa de pesquisadores ligados ao Laboratório de Materiais Superduros da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) e está sendo incubada pela incubadora de empresas

TEC-Campos, que é mantida pela universidade.

Este trabalho objetiva analisar por simulação computacional o processo de produção de sapatas diamantadas. A análise auxiliará a tomada de decisões para implantar a primeira fábrica brasileira de produção de ferramentas diamantadas.

Metodologia

O modelo de simulação proposto neste trabalho foi desenvolvido com base na metodologia apresentada por Freitas Filho (2009). Nele, um modelo conceitual com base no padrão IDEF – SIM foi traduzido para o software Arena® @12, possibilitando que as simulações computacionais sejam de fato realizadas.

A empresa a ser simulada está em fase de incubação e não começou a produzir em escala industrial. Este fator possibilita que vários cenários sejam simulados para que o melhor cenário encontrado seja implantado, este procedimento permite identificar problemas e

oportunidades de melhoria no processo antes do início das linhas de produção. Contudo, devido ao fato das linhas de produção não estarem implantadas, não foi possível coletar os tempos reais dos processos, por este motivo os tempos foram estimados pelos responsáveis pela idealização, planejamento e implantação da ABRASDI, devido à vasta experiência na produção de diamante e de ferramentas diamantadas possuída pelos mesmos.

Antes de realizar a simulação do processo, fez-se necessário validar e verificar o modelo (CARSON, 2004; CHWIF; MEDINA, 2006). Estas etapas foram efetuadas com base na metodologia apresentada por Sargent (2007). Com o intuito de facilitar a verificação do modelo, todos os processos e movimentações tiveram seus tempos alterados para o valor de um segundo, esta mudança foi feita para facilitar sua análise verificando se o modelo estava condizente com o sistema a que se propõe simular. Após esta alteração, o modelo foi executado passo a passo e os eventos foram analisados em relação ao tempo, identificando se havia coerência entre o modelo de simulação, o modelo físico e o conceitual.

Os parâmetros de entrada do modelo (chegada) foram as porções de diamante e liga metálica, estas porções chegam juntas e em mesma proporção. Existe também a entidade molde, que chega diretamente na mesa de molde onde aguarda a chegada da porção da mistura (liga metálica + diamante) para que possa prosseguir. Após a entrada das entidades, estas circulam por todas as etapas de produção da ferramenta passando por cada processo, aguardando o tempo necessário e sofrendo as alterações de entidade conforme apresentado em um modelo conceitual para então chegar ao final do processo, momento no qual a entidade já foi transformada em sapata pronta para a comercialização.

Este trabalho visa identificar a capacidade de produção de sapatas diamantadas levando-se em consideração as possíveis variações de

quantidade de operadores e de máquinas, avaliando a quantidade ideal de cada recurso. De acordo com as várias tomadas de dados verificou-se que muitas análises da elaboração do projeto experimental podem ser feitas no intuito da elaboração de um projeto realmente eficaz.

Resultados

A experimentação realizada no presente trabalho foi baseada na estratégia de simulações computacionais do tipo Projeto Fatorial 2^k descrita por Freitas Filho (2008). Nesta estratégia, altera-se um dos dois níveis de um fator (k) por vez, mantendo-se os demais fixos. Os experimentos são iniciados com uma configuração típica (a mesma utilizada na validação do modelo) para todos os fatores, depois se alteram os níveis de um fator por vez nos experimentos sucessivos.

Todavia, antes de se efetuar os experimentos com os cenários considerados possíveis, considerou-se necessária a realização de testes com o mesmo cenário alterando-se o número de replicações. Este procedimento se justifica pela necessidade de identificar a quantidade ideal de replicações a executar, esta quantidade pode ser identificada quando a média do número de sapatas produzidas nas replicações começa a convergir. Os resultados começaram a apresentar convergência quando executados em vinte replicações.

Após identificar o número de replicações necessárias, foi realizado um experimento para verificar a quantidade ideal de operadores no processo. Este experimento foi efetuado utilizando-se de oito níveis e um fator, tornando-o linear, pois a única variação necessária para esta verificação é a variação de operadores.

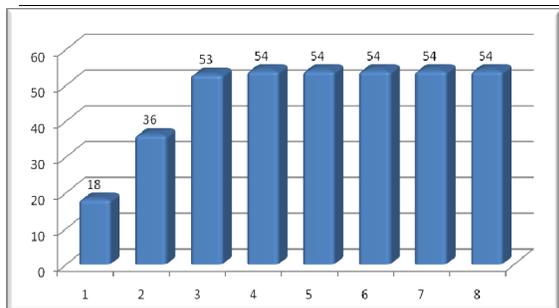


Figura 1 - Gráfico com os resultados do primeiro experimento.

O gráfico apresenta resultados obtidos pelas simulações computacionais adotando-se os valores de um a oito operadores para os respectivos níveis, como variável de resposta foi definida a quantidade de sapatas produzidas. O eixo y do gráfico (vertical) representa a capacidade de produção e o eixo x (horizontal) mostra a quantidade de operadores definida para o devido nível.

É possível notar que a quantidade ideal de operadores necessários para a fabricação das sapatas é em torno de três e quatro.

Um segundo experimento foi realizado para identificar o impacto que poderia causar a variação da quantidade das máquinas. A máquina escolhida para ser analisada foi a misturadora, devido à demora exigida no processo de mistura (trinta minutos) e o preço da máquina que é menor do que o preço das demais.

Variando-se a quantidade de operadores entre três e quatro e a quantidade de misturadores entre uma e duas, obtêm-se um experimento com dois níveis e dois fatores, resultando em um total de quatro cenários.

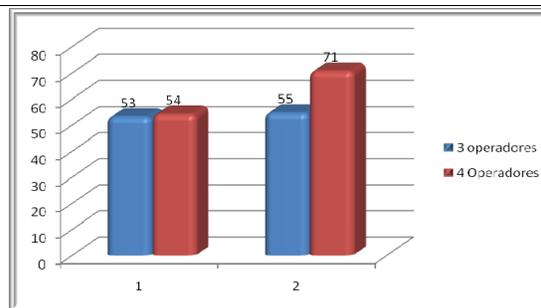


Figura 2 - Gráfico com os resultados do segundo experimento.

O gráfico apresenta resultados obtidos pelas simulações computacionais no segundo experimento. Neste foram adotados os valores de três e quatro para os níveis do fator número de operadores e os valores de um e dois para os níveis do fator número de máquinas, como variável de resposta também foi definida a quantidade de sapatas produzidas. O eixo y do gráfico (vertical) representa a capacidade de produção e o eixo x (horizontal) mostra a quantidade de máquinas definida para o devido nível. A quantidade de operadores é representada pelas séries do gráfico conforme legenda.

Discussão

A partir da figura - 1 é possível notar que a quantidade ideal de operadores necessários para a fabricação das sapatas é em torno de três e quatro. Operando com somente um operador a capacidade de produção é de dezoito sapatas por dia, porém adicionando um operador a capacidade é dobrada e caso seja possível adicionar mais um operador chegando a três operadores, a capacidade aumenta novamente em 47,22%. Aumentando-se de três para quatro operadores ainda obtêm-se um ganho, porém este não é muito expressivo, representando apenas 1,89%. Contudo, a viabilidade da contratação ou não de mais um operador depende da necessidade da empresa, uma vez visto que um pequeno aumento na

produção pode trazer um ganho considerável para a companhia garantindo o cumprimento de algum contrato ou pedido.

Com base nos valores apresentados na Figura - 2. Nota-se que a quantidade de misturadoras influencia diretamente na capacidade de produção. Contudo, quando se aumenta para duas misturadoras mantendo-se três operadores o aumento é pouco representativo (3,57%), pois a máquina fica sem operador para operá-la. Mas, aumentando-se a quantidade de máquinas para duas e a quantidade de operadores para quatro obtém-se um ganho de 33,96% em relação ao cenário de uma misturadora e três operadores chegando à capacidade de produção de setenta e uma sapatas diamantadas por dia.

Conclusão

O presente trabalho implementa técnicas de Simulação Computacional a um processo consideravelmente novo no Brasil, auxiliando a tomada de decisão para a criação da primeira empresa nacional dedicada a fabricação de ferramentas diamantadas.

Este trabalho apresenta um modelo de simulação para auxiliar a tomada de decisão em relação ao número de operários e de máquinas necessários para o funcionamento da empresa, os resultados obtidos mostram alguns cenários que podem ser considerados ideais dependendo de sua necessidade, mostrando que ganhos consideráveis podem ser obtidos com algumas mudanças nos parâmetros.

Conforme citado, este trabalho apresenta resultados preliminares do projeto. Com trabalhos futuros propõem-se a execução do modelo em outros cenários, analisando alterações no leiaute das máquinas, *lead time* do processo e possivelmente estimando custos de produção.

Referências

- BANKS, Jerry; CARSON, John. S.; NELSON, Barry. L.; NICOL, David M. **Discrete-event system simulation**. 5nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 2010.
- BROOKS, R. J.; ROBINSON, S. *Simulation, with inventory control, Operational Research Series*, Basigstoke: Palgrave, 2001.
- CARSON II, J.S. *Introduction to Modeling and Simulation*. Proc. Of the Winter Simulation Conferente, Marietta, USA, 9-16, 2004. Available: <http://www.wintersim.org>
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C. *Modelagem e Simulação de Eventos Discretos, Teoria e Aplicações*, Bravarte, 2006.
- FREITAS FILHO; Paulo José de. *Introdução a modelagem e simulação de sistemas*. 2. ed. São Paulo, SP: Editora Visual, 2008. 372 p.
- KELTON, W. D., SADOWSKI, R. P., STURROCK, D. T. *Simulation with Arena*, Forth Edition, New York; MacGraw-Hill, 2007.
- LEAL, F.; Almeida, D. A.; MONTEVECHI, J. A. B. Uma Proposta de Técnica de Modelagem Conceitual Para a Simulação Através de Elementos do IDEF, XL SBPO 2008.
- RANGEL, J. J. A.; AZEVEDO, L. R.; CUNHA, A. P.; VIANNA, D. S. Modelo de simulação para análise do frete e *lead time* no transporte de cana-de-açúcar fornecida para uma usina, 2009.
- SARGENT, R.G. *Verifications and validation of simulations models*. In: Winter simulation conference, Miami, USA. p. 124-137, 2007.
- ZEPEDA, V.; Novos produtos deverão impulsionar setor de rochas ornamentais no estado; Boletim FAPERJ, http://www.faperj.br/boletim_interna.phtml?obj_id=5886 acessado em 30/10/2009.