

SIMULAÇÃO DISCRETA COM PROJETO DE EXPERIMENTOS PARA ANÁLISE DO SISTEMA DE FABRICAÇÃO DE SERRAS DIAMANTADAS

Ana Carolina de Almeida Sá

Universidade Candido Mendes Campos
Rua Anita Peçanha, 100. Parque São Caetano. Campos dos Goytacazes
carolalmeidasa@gmail.com

Eglon Rhuan Salazar Guimarães

Universidade Candido Mendes Campos
eglon_rhuan@hotmail.com

João José de Assis Rangel

Universidade Candido Mendes Campos
joao@ucam-campos.br

Ana Lucia Diegues Skury

Universidade Estadual do Norte Fluminense
Av. Alberto Lamego, 2000 – Parque Califórnia
lucia@uenf.br

Elaine Cristina Gonçalves Moreira

Universidade Candido Mendes Campos
elainemoreira20@yahoo.com.br

RESUMO

Este trabalho apresenta um modelo de simulação com projeto de experimentos para análise do sistema de fabricação de serras diamantadas. O modelo elaborado permitiu representar diversos cenários com considerável rapidez e flexibilidade, necessários à implantação da fábrica da empresa ABRASDI. Em razão das diversas fontes de incertezas e da complexidade operacional relacionada ao processo de produção de Serras Diamantadas, o método utilizado teve por base a técnica de simulação computacional estocástica de eventos discretos, utilizando o software Arena. As principais medidas de desempenho avaliadas foram: taxa de utilização de operadores, lead time do processo, peças em processo (WIP), dentre outras, considerando como restrição o custo das ferramentas e dos operadores.

PALAVRA-CHAVE. Simulação. Serras Diamantadas. Diamantes. **Área de classificação principal:** SIM - Simulação

ABSTRACT

This work presents a simulation model with experiment design to analysis of the diamond saw production system. The new model could represent a lot of settings with considerable speed and flexibility, which were necessary for implantation of ABRASDI plant. Due to uncertain sources and operating complexity related to the diamond saw production process, the applied method was based on the stochastic computing simulation technique of discrete events, using the Arena software. The most evaluated performance measuring were: operator using rate, process lead time, the work-in-progress (WIP), and others, considering restrictions such as operator and tool cost.

KEY-WORD: Simulation, diamond saw, diamond. **Main Classification Area:** SIM Simulation.

1. Introdução

O objetivo deste trabalho é apresentar uma análise através de simulação computacional e projeto de experimentos do processo de fabricação de serras diamantadas, avaliando o número de operadores nos processos, layout das máquinas, fluxo de produção, dentre outros parâmetros importantes para analisar a dinâmica do sistema e as regras operacionais. Estes parâmetros são importantes, tendo em vista a fase de implantação em que se encontra a empresa brasileira para produção de ferramentas diamantadas, a ABRASDI, com tecnologia genuinamente nacional.

Esta empresa foi criada com o intuito de suprir uma necessidade do mercado nacional em parceria com pesquisadores e alunos ligados ao Laboratório de Materiais Avançados (LAMAV) e está incubada pela TEC-Campos, a incubadora de empresas da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). É importante ressaltar que a grande maioria das empresas de ferramentas abrasivas existentes no Brasil importa os insumos utilizados na fabricação de ferramentas e revende os produtos. Sendo assim, os produtos fornecidos por essas empresas acabam atendendo somente às necessidades dos países que as desenvolvem, considerando-se sempre suas necessidades específicas, visto que não são realizados testes em rochas brasileiras, apenas em rochas de seus países de origem (ZEPEDA, 2009).

A utilização de ferramentas diamantadas, a partir da metade do século passado, facilitou a manufatura de peças de diversos metais e ligas não ferrosos, materiais não metálicos de alta dureza, corte de vidro, mármore, granito e concreto, a perfuração de poços de petróleo e gás, etc. As ferramentas diamantadas proporcionam nestas atividades um aumento de produtividade em dezenas de vezes, obtendo, principalmente, novos resultados no acabamento final do produto. Dentre a ampla gama de setores em que são aplicadas as ferramentas diamantadas, destaca-se o processamento de rochas ornamentais (BOBROVNTCHII, 2000).

2. Descrição do Sistema de Simulação para Análise do Processo de Fabricação de Serras Diamantada

O sistema de fabricação de serras diamantadas é composto por um conjunto de operações que são realizadas de forma integrada e sem qualquer tipo de armazenagem de longo prazo que possa permitir a independência entre as operações do sistema. A meta principal do sistema é a de manter sempre os menores tempos nas operações realizadas com o menor número de operadores. Conseqüentemente, o menor *lead time*, proporcionando assim, uma maior agilidade na fabricação das serras, com o intuito de ampliar ainda mais as vendas.

Assim, pode-se descrever o sistema de fabricação de serras diamantadas como o conjunto das seguintes operações: mistura do produto inicial (liga + diamante), pesagem da mistura, preenchimento da mistura no molde, sinterização, lubrificação dos moldes, limpeza dos segmentos, soldagem do segmento na alma, retífica, tensionadora, pintura e embalagem. A Figura 1 mostra esquematicamente a rota do processo para fabricação de serras diamantadas.

A etapa do processo inicia-se no laboratório pelo processo de mistura (Etapa 1). Realizada a etapa, serão preenchidos os copos com a quantidade necessária à fabricação de cada segmento. Este procedimento é realizado na mesa de molde e pode ser intitulado como etapa 2. Ainda na mesa de molde acontece a etapa 3. Nela, um operador preencherá os moldes com a mistura dos copos da etapa anterior.

Na próxima etapa (Etapa 4), os moldes já preenchidos seguem para a sinterizadora. Nela, a mistura que está dentro do molde será compactada através de um tratamento termobárico transformando-a em “segmentos sinterizados”. Quando o molde sai da sinterizadora, um operador o coloca na bancada de desmolde para dar início à Etapa 5. Para realizar esta etapa é necessário esperar os moldes esfriarem para que seja possível manipulá-los. Após o resfriamento, ele vai desmoldando cada segmento e separando molde de segmento. Na próxima etapa (Etapa 6), é realizada a lubrificação dos moldes. Esta etapa é considerada uma inspeção, que consiste na passagem de um fluxo com um pincel em cada molde para verificar se existe alguma trinca ou não. Caso exista uma trinca, esse molde será

retirado do processo, caso contrário, esse molde retornará ao processo a partir da etapa de preenchimento de molde, intitulada como etapa 3.

Na próxima etapa (Etapa 7), será feita a limpeza dos segmentos, que retirará as rebarbas dos mesmos. Após realizada limpeza dos moldes, estes serão soldados na alma (disco de aço), que entra no processo apenas nesta etapa (Etapa 8).

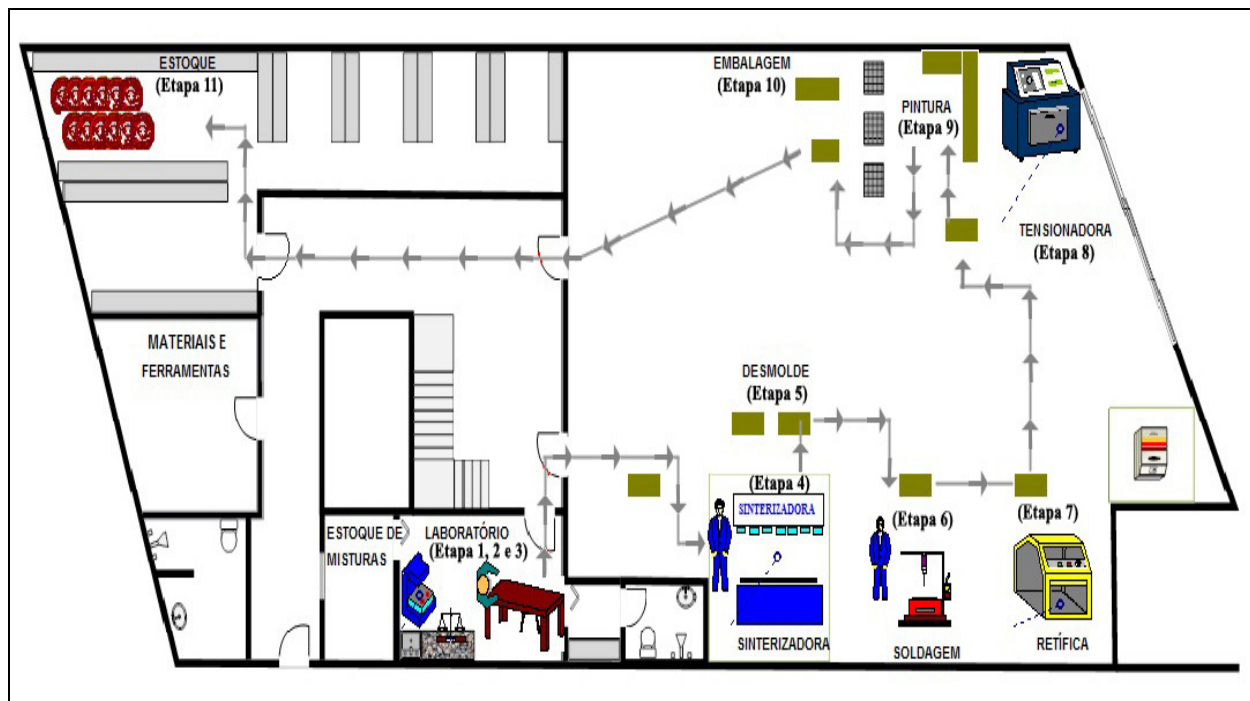


Figura 1 – Processo de fabricação de serras diamantadas

Com todos os segmentos soldados na alma, esta já pode ser chamada de serra. Na etapa seguinte (Etapa 9), a serra é encaminhada para ser retificada. As serras são colocadas dentro da retífica e passam por um processo de alinhamento e retirada dos excessos.

Porém, durante a soldagem pode eventualmente ocorrer algum empeno e, por isso, logo ao sair da retífica, as serras serão encaminhadas para a tencionadora (Etapa 10).

Na etapa 11, será realizada a pintura das serras. Porém, segundo informações da ABRASDI, ainda não foi decidido se a pintura será realizada por uma máquina ou por um operador.

Por fim, a serra será encaminhada para a etapa final (Etapa 12), onde as serras serão embaladas.

Acompanhando a dinâmica dos processos descritos, observa-se que o sistema se comporta como uma sequência de atividades. No entanto, os tempos dos processos são discrepantes, já que as tarefas são bem diferentes, como: resfriamento, desmolde, etc. Assim, a simulação computacional apresenta-se como uma ferramenta apropriada para a análise do sistema, possibilitando a avaliação dos recursos utilizados (operadores e máquinas) e regras operacionais (CHWIF e MEDINA, 2007).

3. Descrição do Modelo de Simulação

O modelo de simulação do sistema aqui proposto foi desenvolvido a partir de metodologia proposta por Freitas Filho (2008), com os seguintes passos: Formulação e análise do problema; planejamento do projeto; formulação do modelo conceitual; coleta de macro-informações e dados; tradução do modelo; verificação e validação; projeto experimental; experimentação; interpretação e análise estatística dos resultados; comparação e identificação das melhores soluções; documentação e apresentação dos resultados.

O modelo conceitual do sistema foi traduzido para o software Arena® 12 para realização das simulações computacionais (KELTON; SADOWSKI; STURROCK, 2007). As simulações apenas foram iniciadas após o modelo ter sido verificado e validado por completo (SARGENT, 2007).

O modelo conceitual do sistema, conforme ilustrado na Figura 2, juntamente com as Tabelas explicativas em Apêndice, mostram as informações referentes às regras operacionais e aos tempos dos processos, obtidos a partir de levantamentos de dados realizados junto com a ABRASD. Utilizaram-se os elementos do IDEF-SIM para descrição dos processos e melhor entendimento do modelo (LEAL; ALMEIDA; MONTEVECHI, 2008).

Cabe ressaltar que todas as funções do processo são normais. Estas são utilizadas sempre que a aleatoriedade for causada por várias fontes independentes agindo de forma aditiva (CARSON, 2004).

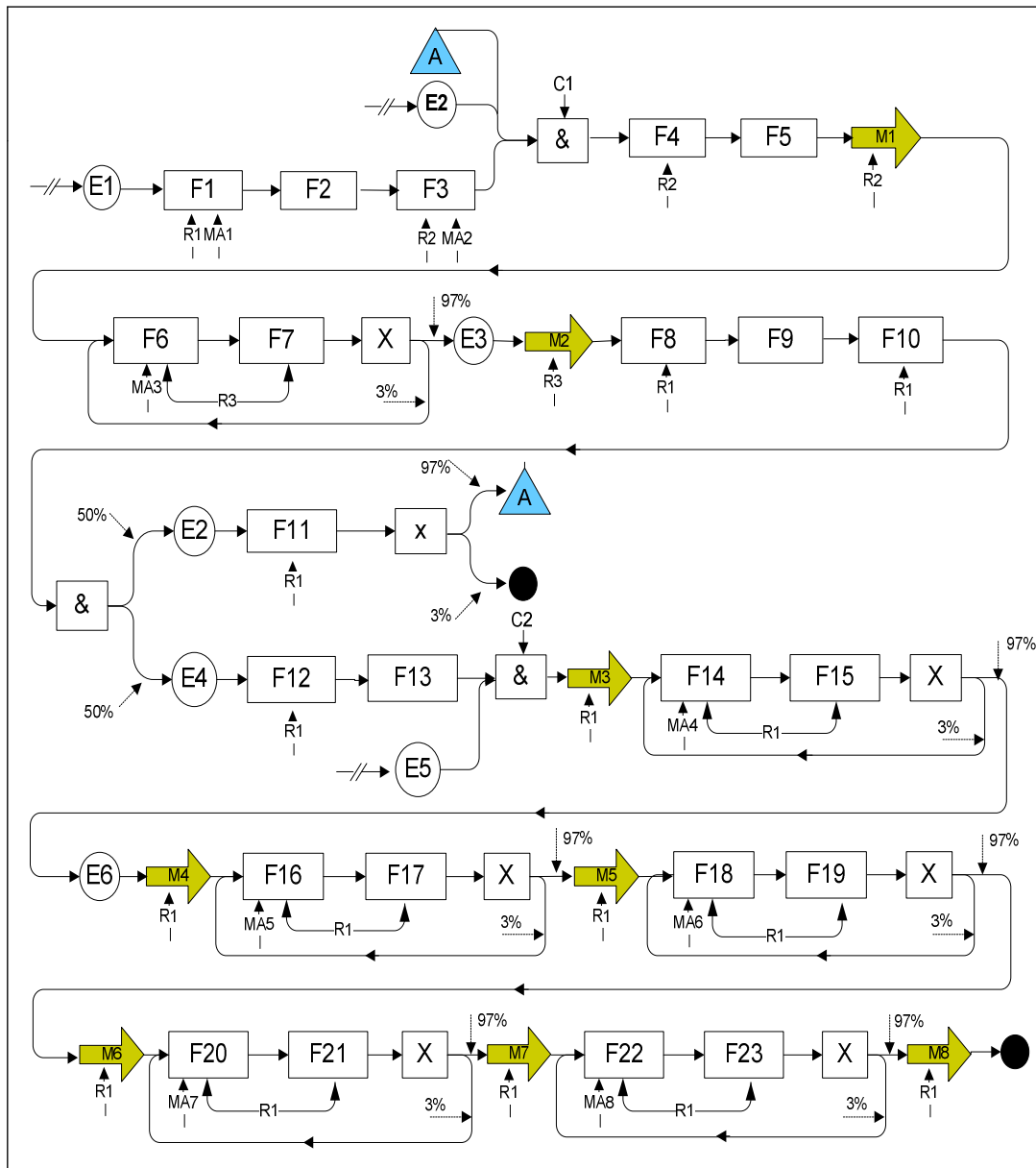


Figura 2 - Modelo Conceitual do sistema de fabricação de serras diamantadas - IDEF-SIM.

A matéria-prima para a produção da ferramenta consiste em pó de diamante e liga metálica. Por motivos de proteção de informações, a composição desta mistura não será apresentada neste artigo.

A Primeira etapa do processo (F1) consiste na preparação da mistura, utilizando o misturador (MA1). Ao iniciar o processo de fabricação da Serra produz uma quantidade específica. Cada mistura utilizada no sistema vai sendo contabilizada até que se obtenha no estoque 5 misturas, valor estimado

para que se possa realizar novamente a fabricação sem que os outros processos parem. Quando o sistema contabilizar este valor, será novamente preparada uma outra quantidade para ser estocada.

Após o término do processo de mistura, segue-se a divisão da massa obtida em 16 partes. Este processo é intitulado como (F2). Com a mistura separada, ela será deslocada para a mesa de molde, na qual entrará a entidade molde (E2), onde acontecerá o preenchimento dos copos (F3). Para auxiliar este processo, será utilizada uma balança (MA2). Após este preenchimento, será feito o preenchimento dos moldes com o conteúdo desses copos (F4).

Antes de realizar o processo de sinterização, estes serão agrupados em 16 moldes e colocados em uma forma (F5). Realizado este agrupamento, estes serão deslocados (M1) para a sinterizadora (MA3), local onde ocorrerá a sinterização da mistura com os moldes (F6). Ao término deste processo, será feita uma inspeção com uma porcentagem de 3% de erro de descarte (F7). Após a realização da inspeção, os moldes serão deslocados para a mesa de desmolde (M2), onde entrarão em processo de resfriamento (F8). Posterior a este processo será realizado o desmolde, separando os segmentos do molde (F9 e F10).

Com esta separação, o molde (E2) passará por um processo de lubrificação (F11) para que se possa averiguar se há trincas. Caso haja trincas no molde, será feito o descarte dele, caso contrário, ele retornará à mesa de molde. Para este processo, há uma margem de descarte em torno de 3%.

Os segmentos provenientes do desmolde são então encaminhados para o processo de limpeza para que possam ser retirados todos os excessos existentes no segmento (F12). Após essa etapa, se iniciará o processo de montagem das serras.

Os segmentos serão deslocados (M3) para a soldagem (MA4), onde serão agrupados 25 segmentos (F13). Estes serão soldados à alma de dois em dois (F14). Após a soldagem, ocorre uma inspeção com uma margem de erro de 3% (F15). Feita a montagem da serra, esta será deslocada para a retífica (M4), onde se iniciará um processo (F14) de alinhamento da serra e retirada das rebarbas e acabamento final de retífica (MA5). Após este processo, será feita uma inspeção nas serras provenientes da retífica (F15), com uma margem de descarte de 3%.

Concluída esta etapa, a serra será deslocada (M5) para a tensionadora (MA6) para alinhamento e correção de empenamentos (F16). Feito o processo da tensionadora, a serra será submetida a um processo de inspeção da tensionadora, com a mesma margem de erro das demais inspeções (F17).

Finalmente, a serra será levada (M6) para o processo (F18) de pintura (MA7), ocasionando consecutivamente uma inspeção (F19), e posteriormente, será levada (M7) para o processo de embalagem (F20). Logo após será realizado o processo de inspeção (F21), o qual põe fim ao processo de fabricação das serras.

O tamanho da rodada de simulação do processo descrito acima foi realizado com duração equivalente a uma jornada de um dia de trabalho de 8 horas.

4. Projeto Experimental

Segundo Montgomery (2009), um experimento é um teste ou uma série de testes, nos quais alterações controladas são realizadas sobre os fatores envolvidos num sistema ou processo, de tal forma que se possa observar e identificar as razões das mudanças ocorridas sobre as respostas.

O primeiro passo para a realização dos experimentos foi calcular o número de replicação. No qual o sistema irá trabalhar. A partir da análise realizada na ferramenta SAEG (Sistema para Análises Estatísticas, versão 9.1), como mostra a Figura 3, observa-se que o ponto de convergência é de aproximadamente 11 replicações considerando a produção de serras em 6,71. Sendo assim todos, os testes que irão ser trabalhados nos próximos tópicos utilizarão 11 replicações.

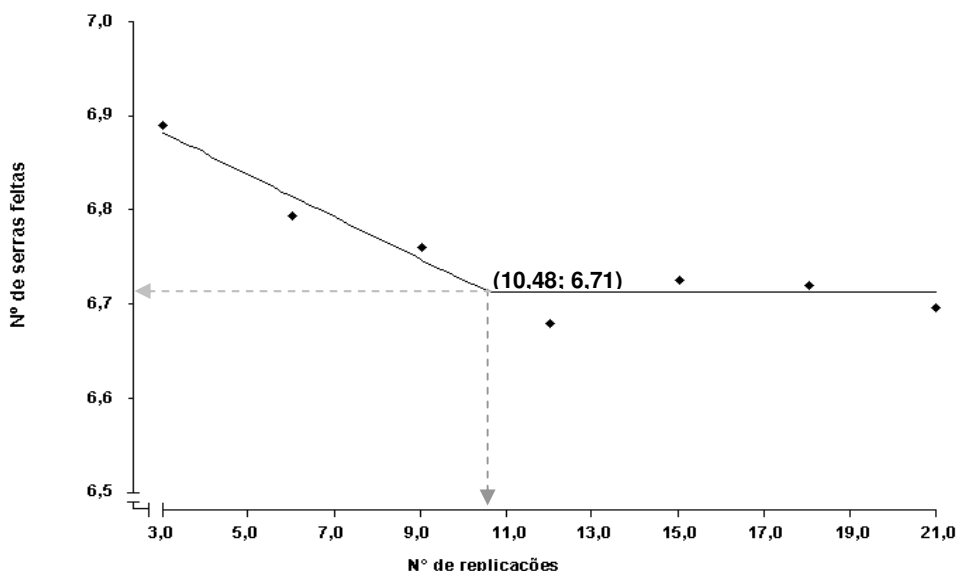
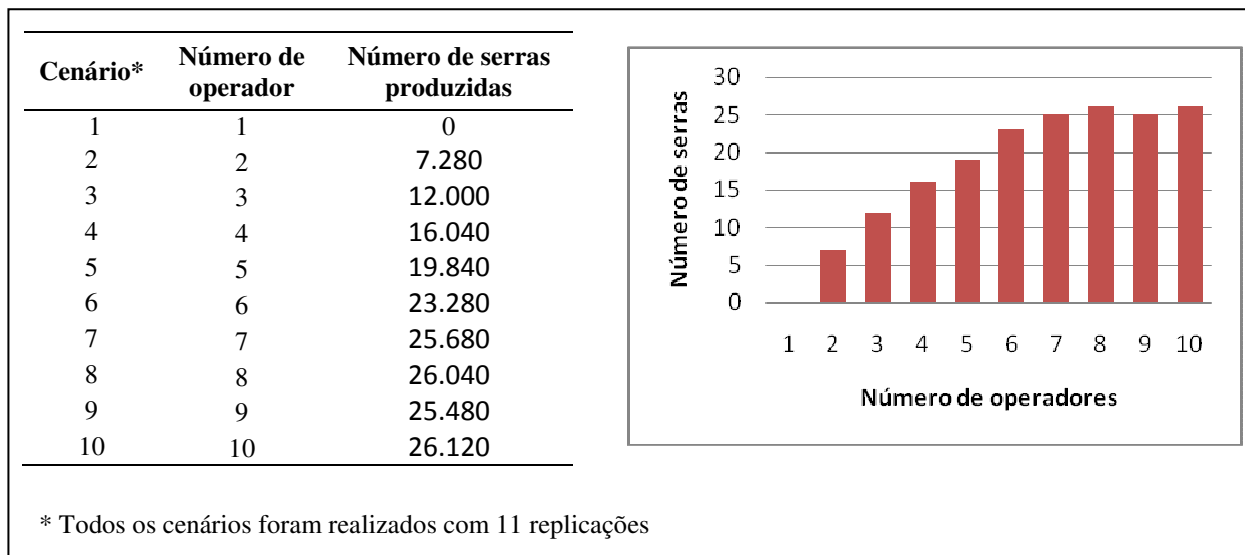


Figura 3: Determinação do número de replicações do modelo.

Após a determinação do número de replicações, foi realizada uma análise para identificação do número total de operadores necessários ao sistema. Para este procedimento, o recurso operador foi configurado com mesmo nome em todo o modelo, de modo a se poder analisar a quantidade total deste recurso no sistema. Para a realização deste experimento, utilizou-se o fator operador com 10 níveis.

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos com as simulações computacionais. Pode-se averiguar que o número de operadores indicado para a produção deve ser igual a 7. Observa-se que a partir de 7 operadores a variação do número de ferramentas produzidas não foi significativa, contudo não se pode descartar a hipótese de 6 operadores, visto que será um gasto a mais e aumentando a produção em apenas 2 serras. Por outro lado, a variação entre 6 ou 7 operadores distribuídos em postos de trabalhos diferentes pode gerar alteração mais significativa na produção. Desta forma, observou-se a necessidade de realizar novos experimentos mais detalhados, onde deveria ser feita a combinação dos operadores e os respectivos postos de trabalho.



* Todos os cenários foram realizados com 11 replicações

Figura 4 - Número de operadores por serras produzidas

Em reunião realizada na empresa, ficou definido o interesse em avaliar três fatores (referentes à função dos operadores), sobre todo o processo de fabricação da serra produzido em um dia de 8 horas. Esses fatores são três tipos de operadores diferentes, cada qual com uma função específica no sistema. Na Tabela 3, são apresentados os fatores e as etapas em que eles participam no processo de produção.

Tabela 3 – Descrição dos fatores

Símbolo	Fatores	Descrição das Atividades
A	Operador 1	Etapa 1, etapa 5, etapa 6, etapa 7, etapa 8, etapa 9, etapa 10, etapa 11, etapa 12
B	Operador 2	etapa 2 e etapa 3
C	Operador 3	etapa 4

A estratégia de simulação computacional utilizada para a experimentação deste projeto foi do tipo Projeto Fatorial n^k , onde n é o número de níveis e k o número de fatores. Nesta estratégia, descrita em detalhes em Freitas Filho (2008), o projeto experimental n^k é usado para determinar o efeito de k fatores, onde cada um deles possui n alternativas ou níveis. Cabe ressaltar que a realização destes experimentos sem o modelo de simulação seria praticamente inviável na prática.

Antes de se realizar o Projeto Fatorial n^k , foi feita uma análise dos fatores: A, B, C interagindo em cada cenário a quantidade de fator (COSTA *et al.*, 2009) e mantendo os outros constantes para que se possa observar qual fator tem maior influência no sistema.

Observando a Tabela 4, conclui-se que o fator A tem maior influência que os outros, considerando que o número de serras produzidas tenha aumentado significativamente em relação à variação dos fatores B e C.

Tabela 4 - Combinação dos três Operadores.

Cenário	A	B	C	Número de serras produzidas
1	1	1	1	6.760
2	2	1	1	12.520
3	1	2	1	6.920
4	1	1	2	6.840

Após realizada a análise de influência entre as interações dos fatores A, B e C, observou-se a necessidade de uma análise mais apurada, contendo um maior número de interações entre os operadores. Esta análise consiste em se obter um melhor resultado na combinação entre o número de operadores em cada processo com o número de serras produzidas, considerando o valor de convergência da variável de saída (serras produzidas). Este experimento terá três fatores, A, B e C, cada um deles com três níveis. O projeto fatorial completo terá um total de $3^3=27$ experimentos. Esta análise será realizada no próximo tópico.

5. Análise dos Resultados

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos com a simulação. A primeira coluna e o número de experimentos realizados e as três colunas seguintes são voltadas ao cálculo dos efeitos principais, isto é, dos fatores A, B, C. Cada uma dessas três colunas inicia com o valor 1 e depois os números se alternam entre 1, 2 e 3. As quatro colunas seguintes correspondem aos valores necessários aos cálculos dos efeitos das interações entre os três fatores principais. As três primeiras dessas quatro colunas estão associadas às interações de dois fatores, como, por exemplo, AB ou AC. Os valores numéricos em cada uma dessas colunas correspondem aos produtos entre os valores que se encontram nas colunas A, B, C. A última dessas colunas refere-se à interação entre os três fatores, isto é, ABC. Completando a tabela, aparece a coluna dedicada aos valores de serras produzidas, variável de resposta.

Tabela 5 - Combinação de três Operadores.

Cenário*	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Serras
1	1	1	1	1	1	1	1	6.636
2	1	1	2	1	2	2	2	6.818
3	1	1	3	1	3	3	3	6.818
4	1	2	1	2	1	2	2	6.909
5	1	2	2	2	2	4	4	6.727
6	1	2	3	2	3	6	6	6.727
7	1	3	1	3	1	3	3	6.818
8	1	3	2	3	2	6	6	6.909
9	1	3	3	3	3	9	9	6.909
10	2	1	1	2	2	1	2	12.455
11	2	1	2	2	4	2	4	12.455
12	2	1	3	2	6	3	6	12.455
13	2	2	1	4	2	2	4	13.364
14	2	2	2	4	4	4	8	13.273
15	2	2	3	4	6	6	12	13.273
16	2	3	1	6	2	3	6	13.455
17	2	3	2	6	4	6	12	13.091
18	2	3	3	6	6	9	18	13.091
19	3	1	1	3	3	1	3	14.364
20	3	1	2	3	6	2	6	14.182
21	3	1	3	3	9	3	9	14.182
22	3	2	1	6	3	2	6	19.636
23	3	2	2	6	6	4	12	19.818
24	3	2	3	6	9	6	18	19.818
25	3	3	1	9	3	3	9	19.818
26	3	3	2	9	6	6	18	19.636
27	3	3	3	9	9	9	27	19.636

*Todos os cenários foram realizados com 11 replicações

Com base nos resultados apresentados, observa-se que algumas interações merecem destaques, como os cenários 22 e 23, onde se tem um total de 6 e 7 operadores respectivamente, diferenciando apenas na quantidade do operador 3 (fator C). Considerando que a diferença de produção de serras nos dois cenários foi baixa, pode-se concluir que o total de 6 operadores (cenário 22) é um valor satisfatório, considerando a combinação realizada de 3 para o fator A, 2 para o fator B e 1 para o fator C.

Cabe ressaltar que experimentos fatoriais são a única maneira de descobrir interações entre as variáveis (MONTGOMERY, 2009).

Para fins de tomada de decisão da empresa ABRASDI, torna-se importante analisar a variação de um fator por vez, mantendo os demais fixos para se analisar a influência de cada fator no sistema. Nesta análise, pretende-se responder à seguinte questão: qual fator tem a maior influência sobre os demais, e qual fator é válido o investimento considerando o aumento na produção.

Para cada gráfico apresentado na Figura 5 foi construída uma tabela com 9 cenários correspondem a uma média tirada da Tabela 5.

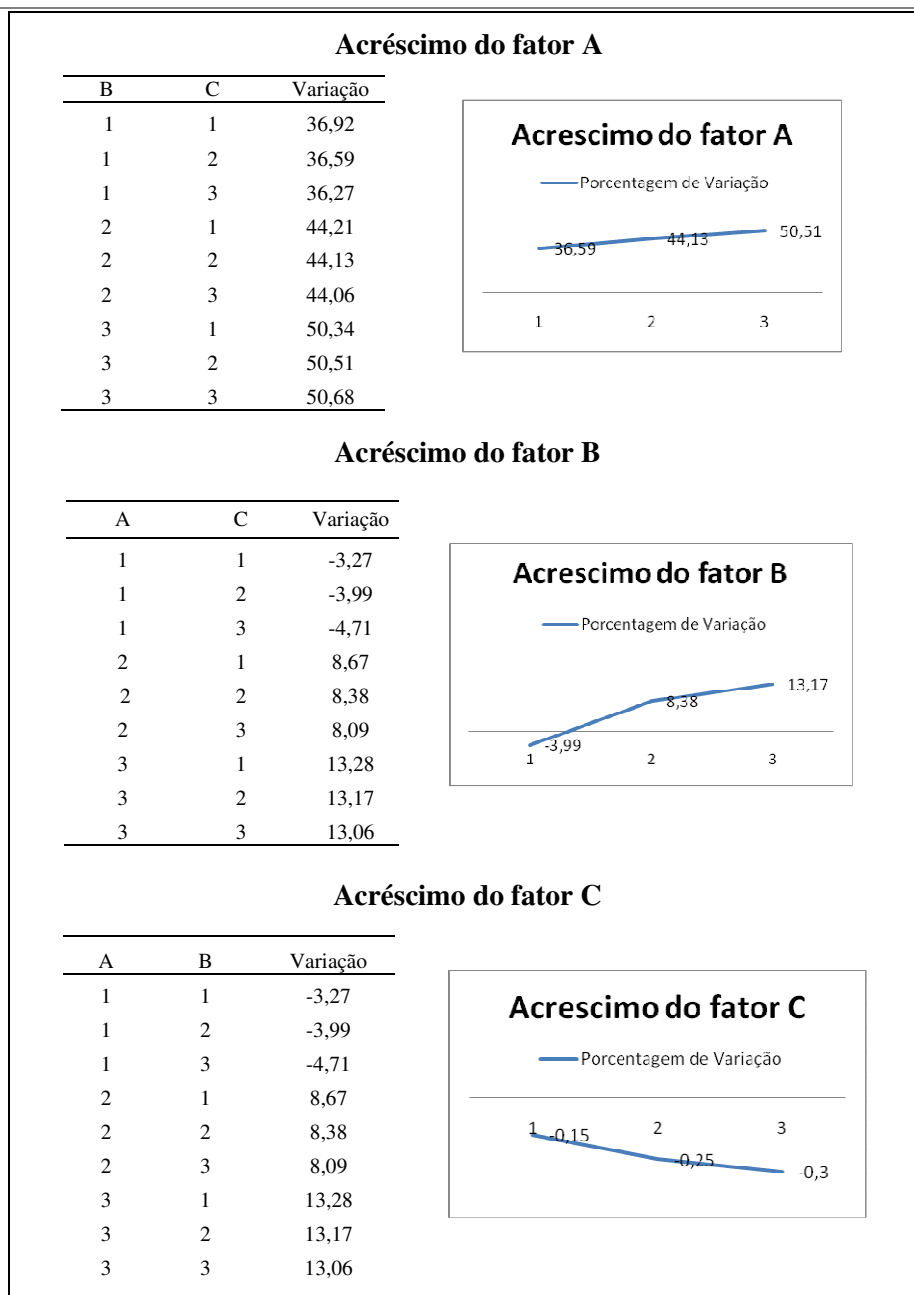


Figura 5 – Representação gráfica do acréscimo de cada fator

Analisando os gráficos apresentados, pode-se constatar que o fator A tem maior influência no sistema que os demais considerando o grande aumento na produção. O fator B também tem influência, porém ele só aumenta a produção se ocorrer um aumento no fator A. Caso só aumente o fator B e não aumente o fator A a produção cai, constatando assim uma dependência do fator B em relação ao A. Outra análise importante é que o aumento do fator C no sistema cai com a produção, sendo assim não necessário o aumento do mesmo.

A partir das análises realizadas neste tópico, pode-se avaliar da seguinte forma o sistema: o número de operadores que satisfazem o processo de produção é de um total de 6 operadores. Por outro lado, a distribuição dos operadores nos postos de trabalho pode ser feita da seguinte forma: 3 operadores atuando no processo A, 2 operadores no processo B e apenas 1 operador no processo C. No caso de necessidade de acréscimo de mais um operador, constata-se que ele poderá atuar no processo A, visto que este processo é o que tem maior influência no sistema.

6. Conclusão

Após verificação do modelo elaborado para simular a fabricação de Serras Diamantadas, foi possível constatar que o mesmo atendeu às expectativas da sua construção, possibilitando atender a dinâmica dos processos envolvidos e auxiliar aos gestores da empresa ABRASDI na análise e na tomada de decisão na linha de produção da fabricação de serras diamantadas.

Os resultados da simulação mostraram ainda o número necessário de operários e em qual posto de trabalho para todo o processo de fabricação, com isso, pôde-se auxiliar a empresa ABRASDI em relação ao número de operários necessários para se produzir um número de serras que atenda às necessidades da empresa.

Espera-se que os resultados das simulações computacionais aqui apresentados sobre a produção de serras diamantadas possam contribuir para o desenvolvimento de novos trabalhos a serem realizados neste campo de conhecimento.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq e à FAPERJ pelo suporte financeiro para esta pesquisa. Aos gestores da ABRASDI pelo fornecimento de dados e pela proposta e acompanhamento deste trabalho.

Referências

- Bobrovnichii, G.S.; Skurys A.L.D.**, (2000) *Algumas Considerações Sobre a Produção Mundial de Materiais Superduros*. Anais do 55º Congresso da ABM, Rio de Janeiro, Brasil.
- Carson II, J.S.** (2004), *Introduction to Modeling and Simulation*. Proc. of the Winter Simulation Conference, Marietta, USA, 9-16. Available: <http://www.wintersim.org>
- Chwif, L. e Medina, A.C.** *Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações*, 2ª Edição, Editora dos autores, São Paulo, 2007.
- Costa R.F.S. et al.** (2009), *Avaliação Econômica do Aumento da Capacidade Produtiva de uma Célula de Manufatura por Simulação a Eventos Discretos*. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - XLI-SBPO, Porto Seguro - Ba, 1-12.
- Freitas Filho, P. J.** *Introdução a modelagem e simulação de sistemas*. 2ª edição, Editora Visual, 2008.
- Kelton, W. D.; Sadowski, R. P. E Sturrock, D.T.** *Simulation with Arena*, Forth Edition, New York: McGraw- Hill, 2007.
- Leal, F., Almeida, D.A. e Montevechi, J.A.B.** (2008), *Uma Proposta de Técnica de Modelagem Conceitual para a Simulação através de Elementos do IDEF*. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - XL-SBPO, João Pessoa - Pb, 1-12.
- Montgomery, D.C.** *Design and Analysis of Experiments*. 7th edition. John Wiley & Sons, Inc. 2009.
- Sargent, R.G.** *Verifications and validation of simulations models*. In: Winter simulation conference, Miami, USA. p. 124-137, 2007.
- Vinicius Zepeda.** Novos produtos deverão impulsionar setor de rochas ornamentais no estado. Disponível em: <http://www.faperj.br/boletim_interna.phtml?obj_id=5886>. Acesso em: 29 out. 2009.

Apêndice

Quadro: Parâmetros do modelo conceitual IDEF-SIM.

Código	Descrição	Parâmetro
E1	Mistura (Diamante e Liga Metálica)	Qnt: X. Taxa: Se Variável Contador = 5, produz mais uma Liga; Início: T = 0 seg.
E2	Molde	Qnt: 1000; Tempo de Criação: 0 seg. Tempo entre Chegadas: 1 seg.
E3	Segmentos + Molde	Qnt: X
E4	Seguimento	Qnt: X
E5	Alma	Qnt: 500; Tempo de Criação: 0 seg. Tempo entre Chegadas: 1 seg.
E6	Ferramenta	Qnt: X
F1	Misturar o Diamante e a Liga	NORM (30,0.3) min. Qnt. de R1: 01 e qnt. de MA1: 01
F2	Produz Mistura	Para cada Mistura divide-se em 16 partes
F3	Preencher os copos de mistura com o auxílio de uma balança	NORM (30,3)seg. Qnt. de R2: 01 e qnt. de MA2: 01
F4	Preencher os moldes com a mistura dos copos	NORM (37,3.7)min. Qnt de R2: 01
F5	Agrupamento Temporário	Agrupar 16 Moldes com mistura
F6	Sinterização	NORM (10,1) min.; Qnt de R3: 01 e qnt de MA3: 01
F7	Inspeção da Sinterização	NORM (1, 0.1) seg. Qnt. de R3: 01
F8	Resfriamento	NORM (20,0. 2) min. Qnt. de R1: 01
F9	Desagrupar Moldes com Mistura	Desagrupar os moldes agrupados anteriormente
F10	Desmolde	NORM (2,0. 2) min. Qnt de R1: 01
F11	Lubrificação dos moldes	NORM (10,0. 1) seg. Qnt de R1: 01
F12	Limpeza dos segmentos	NORM (10,0. 1) seg. Qnt de R1: 01
F13	Agrupamento Permanente	Agrupar 25 seguimentos
F14	Soldagem dos segmentos na alma	NORM (6 , 0.6) min. Qnt de R1: 01 e Qnt de MA4: 01
F15	Inspeção da soldagem	NORM (1 , 0.1) min. Qnt de R1: 01
F16	Retífica	NORM(5, 0.5) min. Qnt de R1:01 e qnt de MA5: 01
F17	Inspeção da Retífica	NORM (1 , 0.1) min. Qnt de R1: 01
F18	Tensionadora	NORM(1, 0.1) min. Qnt de R1:01 e qnt de MA6:01
F19	Inspeção da Tensionadora	NORM (1 , 0.1) min. Qnt de R1: 01
F20	Pintura da ferramenta	NORM(5,0.5) min. Qnt de R1:01 e qnt de MA7: 01
F21	Inspeção da Pintura	NORM (1 , 0.1) min. Qnt de R1: 01
F22	Embalagem	NORM(2 , 0.2) min. Qnt de R1: 01 e de MA8: 01
F23	Inspeção da Embalagem	NORM (1 , 0.1) min. Qnt de R1: 01
R1	Recurso: Operário 1	Qtd: 01
R2	Recurso: Operário 2	Qtd: 01
R3	Recurso: Operário 3	Qtd: 01
MA1	Recurso: Misturador	Qtd: 01
MA2	Recurso: Balança	Qtd: 01
MA3	Recurso: Forno	Qtd: 01
MA4	Recurso: Máquina de Solda	Qtd: 01
MA5	Recurso: Retífica	Qtd: 01
MA6	Recurso: Tensionadora	Qtd: 01
MA7	Recurso: Máquina para Pintura	Qtd: 01
A8	Recurso: Máquina de Embalagem	Qtd: 01
M1	Movimentar molde com mistura da mesa de molde para sinterizadora	Distância: 3,20m; Velocidade: 1,50m/s
M2	Movimentar Seguimento e Molde para a Mesa de desmolde	Distância: 1,50m; Velocidade: 1,50m/s

3	Movimentar seguimentos e alma para a soldagem	Distância: 6,00m; Velocidade: 1,50m/s
M4	Movimentar Ferramenta da Soldagem para a Retífica	Distância: 3,00m; Velocidade: 1,50m/s
M5	Movimentar a ferramenta da Retífica para a Tensionadora	Distância: 3,85m; Velocidade: 1,50m/s
M6	Movimentar a ferramenta da Tensionadora para a Pintura	Distância: 3,00m; Velocidade: 1,50m/s
7	Movimentar a Ferramenta da área de Pintura para a Embalagem	Distância: 7,00m; Velocidade: 1,50m/s
M8	Movimentar a ferramenta da Embalagem para o Estoque	Distância: 23,00m; Velocidade: 1,50m/s
C1	Controlar a liberação de Moldes e Copos	Para cada Copo preenchido libera-se 1 Molde
C2	Controlar a liberação dos Seguimentos e da Alma	Para cada Seguimento libera-se 1 Alma