

APLICAÇÃO DE SIMULAÇÃO DINÂMICA NO PROCESSO DE COLETA DE MERCADORIA PARA DEFINIÇÃO DA QUANTIDADE IDEAL DE MÃOS DE OBRA

Kevin William Matos Paixão (IFSP Campus Suzano)
paixão-k@hotmail.com

Paulo Ricardo Andrade Barroso (IFSP Campus Suzano)
paulo.ricardo@aluno.ifsp.edu.br.gov.br

RESUMO

A tecnologia ocupa hoje um lugar de destaque na sociedade, e dentro desta realidade as empresas buscam se destacar perante seus concorrentes. Para que isso ocorra, as mesmas utilizam os conceitos mais modernos e tecnológicos que o mercado tem para oferecer. Uma dessas tecnologias é a simulação, que basicamente tem como objetivos representar através de representação matemática e expressões numéricas as múltiplas condições da vida real. Este trabalho tem como objetivo realizar a aplicação de simulação dinâmica, através de um software específico, a um processo de coleta de mercadoria, definindo por meio dos resultados encontrados a quantidade ideal de mão de obra. Os dados utilizados como série histórica foram os tempos coletados através de observação discreta num período de tempo de duas semanas, do início e término dos processos, além do tempo de chegada de cada caminhão. Através dessa coleta se encontrou os tempos de processamento de cada uma das etapas da coleta e se construiu um modelo virtual por meio do qual se calculou todos os aspectos temporais e de fila que são influenciados pela quantidade de mão de obra. Como resultado constatou-se que para se aumentar a mão de obra já atuante sem que se aumente o tempo de ociosidade dos colaboradores faz-se necessário uma maior atribuição de tarefas concluindo assim que 1 funcionário focado nas três tarefas do processo é a melhor opção.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação Dinâmica. Dimensionamento. Mão de Obra.

ABSTRACT

Technology today occupies a prominent place in society, and within this reality companies seek to stand out from their competitors. For this to occur, they use the most modern and technological concepts that the market has to offer. One of these technologies is simulation, which basically aims to represent through multiple mathematical representation and numerical expressions the multiple conditions of real life. This work aims to perform the application of dynamic simulation, through specific software, to a process of collecting merchandise, defining by means of the results found the ideal quantity of labor. The data used as a historical series were the times collected through discrete observation in a time period of two weeks, the beginning and end of the processes, in addition to the time of arrival of each truck. Through this collection the processing times of each of the collection stages were found and a virtual model was constructed through which all the temporal and queuing aspects that are influenced by the amount of labor were calculated. As a result, it was verified that in order to increase the already active workforce without increasing the idle time of the collaborators, a greater assignment of tasks is necessary, thus concluding that one employee focused on the three tasks of the process is the best option.

Keywords: Simulation. Sizing. Labor.

1. INTRODUÇÃO

O mundo contemporâneo passa por um momento único jamais visto na história da humanidade, isto ocorre devido ao grande espaço que a tecnologia ocupa dentro do cotidiano do homem moderno. Desde a antiguidade o homem desenvolve utensílios para auxiliá-lo em suas tarefas, através disso surgiram as primeiras ferramentas, dessa forma o homem evoluiu até chegar aos sistemas tecnológicos atuais. Hoje temos uma vasta variedade de equipamentos e ferramentas de dados, o mundo globalizado atual produz informação e a-transmite em tempo real através de variados métodos, esta realidade traz múltiplos benefícios em diversas áreas da sociedade.

Dentro deste contexto, milhares de empresas, nos incontáveis ramos de atuações, buscam sempre destacar-se em relação a seus concorrentes. Nesta realidade, encontra-se a busca incessante por estratégias gerenciais que sejam eficientes e baratas para solução de gaps e déficits nos variados processos produtivos. Uma dessas estratégias é a utilização de recursos tecnológicos para avaliação dos seus processos e mensuração de desempenho, através desta, pode-se analisar cuidadosamente a forma que os processos ocorrem e o quão eficiente eles são, com isso, pode-se tomar medidas corretivas focados nos problemas, e por conseguinte, maximizar os processos reduzindo desperdício e cortando gastos. Todo este procedimento pode ser executado de várias maneiras, contudo, um dos métodos mais utilizados para isso é através da simulação.

Este trabalho tem como objetivo aplicar, ao processo de coleta de produto acabado por transportadores terceiros em uma empresa de componentes mecânicos, uma simulação discreta para dimensionamento de fila e análise de números de funcionários necessários para execução deste processo. Como resultado, busca-se encontrar o tamanho médio da fila de caminhões para coleta e a melhor quantidade de funcionário para uma execução eficiente e com o mínimo de recuso possível nesta tarefa. O processo de coleta de mercadoria possui extrema importância para uma empresa bem estruturada com uma visão ampla de longo prazo, este processo conecta diretamente a empresa a seu cliente e pode ser fator preponderante na perspectiva e avaliação do cliente a respeito da mesma. Criar uma Simulação discreta deste procedimento contribui de forma efetiva para estruturação do mesmo influenciando de forma acentuada na decisão de quantidade de recurso destinado para o mesmo.

Os dados obtidos para realização deste trabalho foram coletados através de observação discreta, e demonstram o fluxo real de chegada, atendimento, carregamento e liberação de motoristas num período de duas semanas. Todo o conteúdo acadêmico aplicado aos mesmos está fundamentado nos tópicos posteriores, no qual se dividem em seis seções.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 Conceito de simulação

Na tentativa de sanar suas necessidades, o ser humano busca desenvolver mecanismos que sejam eficientes e possuam um baixo custo. Para que esse grau de eficiência seja alcançado, esses sistemas, independentes de serem mecânicos, elétricos, eletrônicos, virtuais ou conceituais, devem sempre se manter em pleno funcionamento em todas as situações esperadas. Este sempre foi um grande desafio para humanidade, pois no mundo real existem diversos fatores que influenciam de forma direta e indireta o desempenho dos mesmos. De acordo com Miyagi (2006) foi nesta realidade que surge o conceito de simulação, que em geral se resume em um método de “imitação” de uma operação ou de um procedimento no mundo real. Através da aplicação deste conceito de “imitação” pode-se estudar o comportamento do mecanismo

desenvolvido, definindo desta forma os melhores parâmetros de aplicação, e a resposta obtida aos múltiplos fatores externos de influência. Dentro deste raciocínio Bassanezi (2004) define a modelagem como um método com etapas pré-definidas, onde o “modelo” é a representação abstrata e aproximada de um problema real, tal que, cada condição é representada em termos e expressões matemática. Com o passar do tempo, a utilização desta metodologia se tornou popular, e com o surgimento dos computadores de dados, os processos se tornaram cada vez mais rápidos.

2.2 Tipos de simulação

Dos santos (1999) afirma que as simulações possuem diversas classificações, contudo, 4 delas são consideradas fundamentais.

- **Discretas:** simulações discretas são aquelas que utilizam sistemas discretos para simular, ou seja, os sistemas simulados observam valores puros com mensuração objetiva.
- **Constante:** modelos de simulações constantes são aqueles que simulam sistemas que utilizam como mensuração um valor obtido através de cálculos, ou seja, como os valores desejados se alteram constantes, utiliza-se um valor médio como padrão de medida.
- **Estáticas:** estes modelos de simulação desenvolvem um resultado fixo baseado em uma serie temporal, ou seja, o resultado não varia ao longo do tempo.
- **Dinâmicas:** esses modelos obtém resultados variáveis ao qual se alteram no decorrer do tempo e a análise final é feita através médias.

Myagui (2006) afirma que tanto as simulações discretas quanto as constantes podem gerar resultados estáticas ou dinâmicas. Além das classificações mencionadas acima, existem outras subdivisões dependendo das características específicas das informações a serem modeladas.

2.3 simulação estática

Os modelos estáticos têm como objetivo criar resultados fixos baseado em um histórico gerado em um determinado período de tempo. Este processo pode ser aplicado em variadas situações, que necessitam de uma determinação numérica para definição de parâmetros e dimensionamento de recurso. O principal método utilizado neste modelo é a simulação Monte Carlo.

2.4 Modelos de simulação dinâmica

Neste modelo, Garcia (2005) afirma que a simulação possibilita o estudo do comportamento das entidades durante seu processamento em um determinado espaço de tempo. A análise principal quando se usa este método é analisar os relatórios gerados pelas ferramentas e, por conseguinte, determinar se a configuração adotada e os recursos destinados ao processamento são adequados.

Atualmente as simulações dinâmicas são criadas através de softwares computacionais, onde se cria um ambiente virtual com todos os detalhes importantes que influenciam o sistema a ser simulado, além disso, insere-se como parâmetros matemáticos as funções probabilísticas calculadas no fluxo das entidades e nos processos a serem aplicadas nas mesmas, e seleciona-se outras características para análise de resultados, como por exemplo a quantidade de tempo pelo qual a simulação se refere e as unidades de medidas que deseja-se obter os resultados. Com essas informações o software cria animações que representam o mecanismo simulado e gera os relatórios com diversas informações sobre todo o processo.

2.5 Aplicação de simulação dinâmica em processos

Neto (2004) utiliza a simulação dinâmica para representar uma operação de carregamento e transporte em minas a céu aberto. Nesta simulação os processos por ele representados foram; carregamento e descarregamento, deslocamento do caminhão vazio e carregado e as paradas para manutenção. Em comparação com o assunto abordado nesta obra, o único processo que possui relevância é o do carregamento, ao qual, Neto (2004) afirma ter obtido resultados fidedignos a realidade.

Camelo (2010) também utiliza o recurso da simulação dinâmica através do Arena para representar a teoria das filas aplicado ao embarque de commodities em terminais marítimos. Para ele os principais indicadores de desempenho são: **(TS) Tempo médio do cliente dentro do sistema; (NS) Número médio de clientes dentro do sistema; (TF) Tempo médio que cliente gasta na fila; (NF) Tamanho médio da fila; (P0) Índice de ociosidade das instalações; (P) Taxa de utilização dos atendentes (recurso).**

Utilizando esses indicadores, Camelo (2010) compara os resultados da utilização de 3 recursos contra a utilização de 4 recursos, todos com capacidades semelhantes e atuando no carregamento de minério. Utilizando apenas 3, a média do índice de utilização dos recursos (P), gira em torno de 80 %. Segundo Camelo, o valor é aceitável. Com a simulação da adição do 4º recurso, o principal efeito obtido foi a permanência deste mesmo índice utilização, porém com uma redução considerável do tempo médio do cliente na fila (NF) de 7,1 para 5,8 horas, juntamente com diminuição do tamanho médio da fila (NF), que passa de 4,2 para 3,9 navios.

O mesmo objetivo é buscado para simulação do processo de coleta deste trabalho, gerar uma diminuição dos índices relacionados a fila sem alteração no índice de utilização de recurso.

3. DESENVOLVIMENTO DA TEMÁTICA

Os dados coletados como série histórica e parâmetros para definição das equações probabilísticas correspondentes aos tempos de processamento em todos os setores simulados foram coletados através de observação discreta em uma empresa fabricante de componentes mecânicos. Resumidamente, esta empresa é uma multinacional e faz parte do ramo metalúrgico, sua planta aqui no Brasil possui mais de 50 anos e é sede de toda a operação do grupo dentro da América Latina.

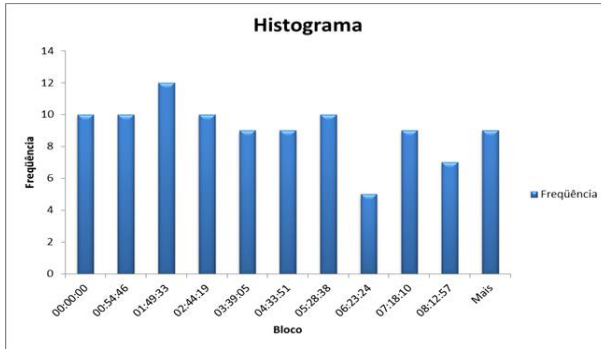
O número de processos observados foram 5 e estes são: **Chegada dos motoristas; Atendimento; Início do carregamento; Término do carregamento; Saída do motorista.**

No total foram observados 100 entidades, ou seja, os tempos que correspondem a 100 coletas feitas nesta empresa. Com os tempos determinados, puderam-se determinar as expressões matemáticas que melhor representavam a distribuição dos tempos tomados por cada processo. Para que isso ocorresse utilizou-se o seguinte procedimento:

1º passo: Calculou-se a diferenças de tempo entre as chegadas e entre os inícios dos processos, obtendo assim a correlação diária de diferença entre as chegadas e a duração de cada umas das tarefas.

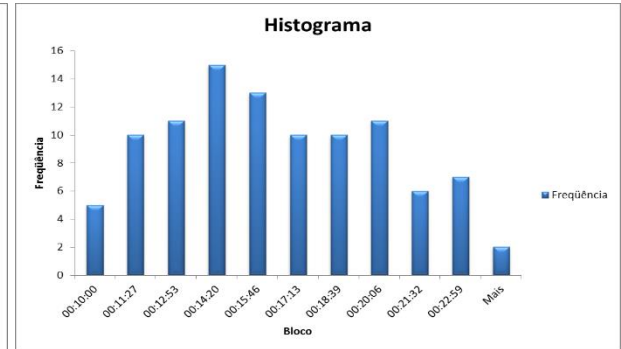
2º passo: Com o tempo de duração dos processos já estabelecido, lançou-se os mesmos juntamente com as diferenças entre os tempos de chegada no software Arena obtendo as seguintes distribuições e expressões representativas:

Figura 1 – Distribuição das chegadas



Fonte: Os Autores

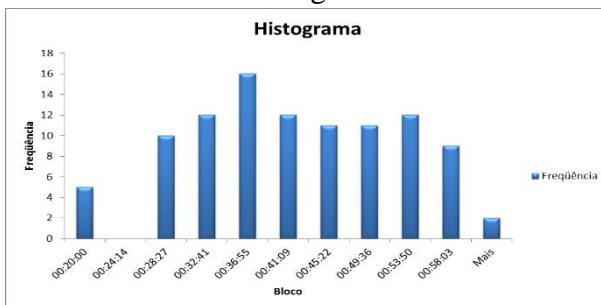
Figura 2 – Distribuição do tempo de atendimento



Fonte: Os Autores

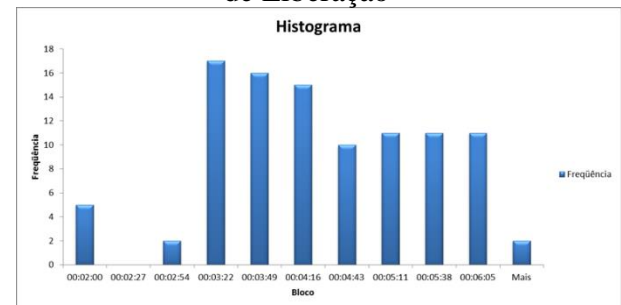
A Figura 1 representa a distribuição estatística obtida com os dados de intervalos entre as chegadas dos caminhões. Essa distribuição tem como representação numérica a expressão $-0.001 + 0.421 * \text{BETA}(0.785, 1.26)$, cujo valor de aderência (P-Value) encontrado é 0,15. A Figura 2 representa a distribuição estatística obtida com os dados do tempo de atendimento. Essa distribuição tem como representação numérica a expressão $\text{LOGN}(0.0109, 0.00273)$, cujo valor de aderência (P-Value) encontrado é 0,108.

Figura 3 – Distribuição do tempo de carregamento



Fonte: Os Autores

Figura 4 – Distribuição do tempo de Liberação

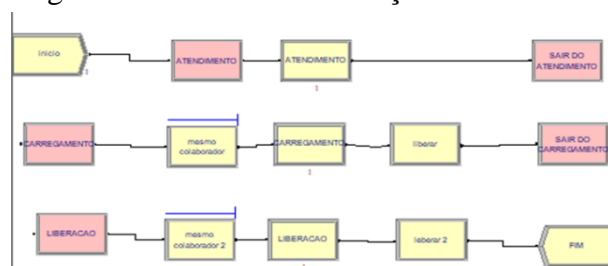


Fonte: Os Autores

A Figura 3 representa a distribuição estatística obtida com os dados do tempo de carregamento. Essa distribuição tem como representação numérica a expressão $0.01 + \text{ERLA}(0.00353, 5)$, cujo valor de aderência (P-Value) encontrado é 0,0693. A Figura 4 representa a distribuição estatística obtida com os dados do tempo de liberação. Essa distribuição tem como representação numérica a expressão $\text{GAMM}(0.000216, 13.4)$, cujo valor de aderência (P-Value) encontrado é 0,006.

3º passo: Com as expressões já estabelecidas pelo arena, criou-se o modelo de simulação de todas as etapas do processo, também utilizando o software arena.

Figura 5 – modelo de simulação no Arena

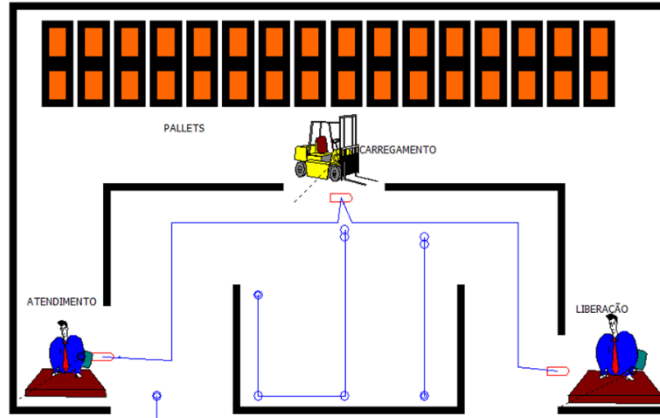


Fonte: Os Autores

Na Figura 5 encontra-se o modelo virtual utilizado na simulação.

4º passo: Após a etapa de criação do modelo virtual o software configurou-se o mesmo com os parâmetros desejados e criou-se uma animação da tarefa de coleta.

Figura 6 – Animação da tarefa



Fonte: Os Autores

A Figura 6 representa a animação da simulação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram obtidos através de duas configurações diferentes de simulação, cada uma delas foi executada duas vezes, uma com 1 replicação e a outra com 10 replicações, a primeira configuração considera apenas um colaborador executando as três tarefas, esta é a realidade da empresa. Na Tabela 1 os resultados encontrados estão expostos.

Tabela 1 – Resultados da simulação com 1 colaborador

1 Replicação		10 Replicações	
Sistema			
Valores		Valores Médios	
Entradas	50	Entradas	50
Saídas	36	Saídas	41
Não atendidos	14	Não atendidos	9
Fila			
Tamanho da fila (entidade)		Tamanho médio da fila (entidade)	
Médio	3,67	Médio	1,72
Mínimo	0	Mínimo	0,63
Máximo	12	Máximo	3,67
Tempo de espera na fila (minutos)		Tempo de médio espera na fila (minutos)	
Médio	26,44	Médio	14,28
Mínimo	0	Mínimo	6,87
Máximo	76,75	Máximo	26,44
Entidade			
Tempo de atendimento (Minuto)		Tempo de atendimento médio (Minuto)	

Médio	11,81	Médio	10,41
Mínimo	3,77	Mínimo	9,14
Máximo	24,73	Máximo	11,81
Tempo de espera no sistema (Mínimo)		Tempo de espera médio no sistema (Mínimo)	
Médio	61,21	Médio	29,43
Mínimo	0	Mínimo	13,55
Máximo	118,64	Máximo	61,21
Tempo dentro do sistema (Minutos)		Tempo dentro do sistema médio (Minutos)	
Médio	75,02	Médio	41,84
Mínimo	6,93	Mínimo	24,7
Máximo	128,38	Máximo	75,02
Recurso			
Utilização (%)		Utilização média (%)	
Médio	92,4	Médio	90,4
Mínimo	0	Mínimo	80,5
Máximo	100	Máximo	97,5

Fonte: Os Autores

A segunda configuração de simulação utilizada, embora nos relatórios demonstre apenas o “colaborador A”, representa a atuação de dois funcionários, pois a capacidade de execução das atividades definidas para este recurso foi multiplicada por dois, representando assim, por conseguinte, a atuação de 2 recursos. Os números obtidos estão exposto na Tabela 2:

Tabela 2 – Resultados da simulação com 2 colaboradores

1 Replicação		10 Replicações	
Sistema		Sistema	
Índice	Valores	Índice	Valores médios
Entradas	45	Entradas	49,3
Saídas	44	Saídas	47,3
Não atendidos	1	Não atendidos	2
Fila			
Tamanho da fila (entidade)		Tamanho médio da fila (entidade)	
Médio	0,08	Médio	0,11
Mínimo	0	Mínimo	0,24
Máximo	2	Máximo	0,21
Tempo de espera na fila		Tempo de espera médio na fila	
Médio	0,86	Médio	1,05
Mínimo	0	Mínimo	0,28
Máximo	11,47	Máximo	1,89
Entidade			
Tempo de atendimento (minuto)		Tempo de atendimento médio (minuto)	
Médio	11,09	Médio	10,91
Mínimo	5,45	Mínimo	10,42
Máximo	25,64	Máximo	1153

Tempo de espera no sistema (minuto)		Tempo de espera no sistema médio (minuto)	
Médio	1,84	Médio	2,42
Mínimo	0	Mínimo	0,74
Máximo	12,61	Máximo	5,06
Tempo dentro do sistema (minuto)		tempo dentro do sistema médio (minuto)	
Médio	14,94	Médio	15,33
Mínimo	7,45	Mínimo	13,32
Máximo	34,26	Máximo	18,04
Recurso			
Utilização (%)		Utilização média (%)	
Médio	50	Médio	55,27
Mínimo	0	Mínimo	46,91
Máximo	100	Máximo	63,94

Fonte: Os Autores

Com os resultados expostos nas tabelas 01 e 02, pôde-se constatar que a atuação de apenas um colaborador em todo o processo de coleta acarreta em uma já esperada fila. Esta por sua vez tem a capacidade de atingir 12 caminhões em espera, o que, por conseguinte, pode ocasionar, à determinados motorista, uma espera de até 76 minutos, ou seja 1 hora e 16 minutos. Este resultado se assemelha em muito aos números encontrados no processo real, comprovando assim a veracidade da afirmação feita por Neto (2004) a respeito da fidelidade que pode obter através do processos de simulação dinâmica. Com base nisso, pode-se supor a idoneidade dos resultados obtidos na simulação que representa a atuação de dois funcionários dentro do processo coleta.

Utilizando 2 colaboradores o tamanho da máximo da fila reduziu para 2 caminhões e o tempo de espera passou ser no máximo 11 minutos, contudo a utilização dos colaboradores reduziu de 92,4 % para 55,27%.

Tendo isto como fundamento, e utilizando os mesmos critérios de análise defendidos por Camelo (2010), define-se que dois colaboradores na execução deste processo propiciam uma redução extremamente importante nos tempos de espera e no tamanho das filas. Este fato melhora de forma efetiva e direta a visão dos motoristas coletores e dos clientes o qual os mesmos representam em relação a qualidade do serviço prestado, ocasionando assim como consequência um impacto positivo ao marketing da empresa.

Por outro lado, o aumento de mais um colaborador neste processo, gera não somente um aumento de custo com mão de obra, mas também reduz acentuadamente a utilização de cada funcionário, diminuindo assim a eficiência do setor e aumentando a ociosidade dos colaboradores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi exposto e conceituado de forma teórica e pratica a simulação dinâmica, este assunto foi abordado de forma acadêmica através de um estudo de caso real aplicado em um fabricante de componentes mecânicos.

Através deste processo definiu-se que sem uma maior atribuição de tarefas, a melhor opção é manter apenas 1 um colaborador realizando o processo de coleta. Este resultado se justifica devido ao aumento acentuado do tempo ocioso por colaborador gerado pela alocação de 2 funcionários neste procedimento.

Este trabalho possui como limitação a realidade especifica deste fabricante, e a particularidade das entidades temporais coletadas, o qual representam um atendimento

específico dentro de um horário específico. Estas características limitam a aplicação do mesmo para casos que possuam informações semelhantes e tenham como meta específica o dimensionamento de mão de obra.

Como proposta para estudo futuros, dentro deste assunto e com base nos conhecimentos adquiridos neste trabalho, cita-se a aplicação de simulação dinâmica voltada para melhoria em processos logísticos como carregamento e descarregamento, processo de separação e cadeia logística de expedição.

6. REFERÊNCIAS

BASSANEZI, R. C, et al. Um Software para Modelagem de Fenômenos Biológicos. *Biomatemática*, v. 14, p. 51-53, 2004.

CAMELO, Gustavo Rossa et al. Teoria das filas e da simulação aplicada ao embarque de minério de ferro e manganês no terminal marítimo de ponta da madeira. **Cadernos do IME-Série Estatística**, v. 29, n. 2, p. 1, 2010.

DOS SANTOS, Mauricio Pereira. Introdução à simulação discreta. **Rio de Janeiro: UERJ**, 1999.

GARCIA, Claudio. **Modelagem e Simulação de Processos Industriais e de Sistemas Eletromecânicos Vol. 1**. Edusp, 2005.

MIYAGI, Paulo E. Introdução a simulação discreta. **Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos. São Paulo, 2006.

NETO, Ramos; NOGUEIRA, Augusto; PINTO, Luiz Ricardo. Template do programa Arena para simulação das operações de carregamento e transporte em minas a céu aberto. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 57, n. 1, p. 65-69, 2004.