



## PREVISÃO DE DEMANDA UTILIZANDO SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO: ESTUDO DE CASO NA EMPRESA CRISTÓFOLI BIOSSEGURANÇA

Tamires Soares Ferreira<sup>1</sup> (FECILCAM) tami\_sf@hotmail.com

Franciely Veloso Aragão<sup>2</sup> (FECILCAM) fran-aragao@hotmail.com

Rosimeire Expedita dos Santos<sup>3</sup> (FECILCAM) flowermeire@hotmail.com

Márcia de Fátima Morais<sup>4</sup> (FECILCAM) mfmorais@fecilcam.br

*Resumo: O planejamento é uma atividade essencial para a sobrevivência das empresas em mercados altamente competitivos. Para auxiliar o planejamento das atividades de uma empresa, diversas técnicas e ferramentas estão à disposição na literatura especializada. Destaca-se a simulação, que é um método que avalia um processo real a partir de um modelo matemático, sem que seja necessário intervir no sistema real, como meio para o planejamento das atividades empresariais. Neste contexto, este estudo tem como objetivo demonstrar a utilização da simulação de Monte Carlo para prever a demanda de Autoclaves Modelo Vitale Plus 12 produzidas pela Cristófoli Equipamentos de Biossegurança Ltda. Para realizar a previsão de demanda através a simulação de Monte Carlo, a partir de dados históricos da demanda foi construído e validado um modelo matemático representativo do problema, com base em dados históricos da demanda, de modo que as previsões geradas sejam confiáveis e forneçam suporte à tomada de decisão. A geração de números aleatórios foi realizada no software Microsoft Excel.*

*Palavras-chave: Simulação; Previsão de Demanda; Monte Carlo.*

### 1. Introdução

Atualmente o planejamento é muito importante dentro de uma empresa, pois ajuda os gestores a conduzirem melhor a organização e atua na análise de situações. Essas análises são obtidas através de simulações.

Segundo Pegden et al. (1995, apud Iannoni e Morabito, 2002), simulação pode ser descrita como sendo uma série de ações que para projetar um modelo de um sistema real e realizar experimentos, a fim de entender seu comportamento e definir estratégias para sua operação.

A simulação de um sistema, de acordo com Andrade (2004), é a elaboração de um modelo que descreve esse sistema, na maioria dos casos é realizada com a ajuda de um computador, representando todas as condições reais que fazem parte do sistema. A simulação

---

<sup>1</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia de Produção Agroindustrial – Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão.

<sup>2</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia de Produção Agroindustrial – Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão.

<sup>3</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção Agroindustrial – Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão.

<sup>4</sup> Orientadora. Graduada em Engenharia de Produção Agroindustrial pela Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo – EESC/USP. Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia de Produção Agroindustrial da Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão. Áreas de atuação: Pesquisa Operacional; Gestão da Produção; Gestão de Produto; e Educação em Engenharia de Produção.



permite que se manipule o sistema real, o que seria inviável devido a custos ou à dificuldade de realização.

Uma das aplicações dos modelos de simulação é na previsão de demanda, que segundo Dias (1993, apud Higuchi, 2006), é uma estimativa antecipada do volume de vendas em um período específico, com uma margem de erro a ser considerada.

A previsão de demanda é essencial para o desenvolvimento de uma empresa, pois ajudam a determinar os recursos necessários, a programação dos recursos existentes e na compra de recursos adicionais, permitindo aos gerentes utilizarem a capacidade de maneira eficiente, reduzindo o tempo de reação dos clientes e a diminuição dos estoques (RITZMAN E KRAJEWSKI, 2004).

Existem vários métodos de previsão de demanda, entre estes está a simulação que será o método utilizado neste estudo, que tem como objetivo simular a demanda da autoclave Vitale Plus 12 da empresa Cristófoli Equipamentos de Biossegurança Ltda, utilizando o método de Monte Carlo.

O presente artigo é considerado um estudo de caso, pois a pesquisa foi realizada dentro de uma empresa e foi necessário aprofundar-se em conhecimentos relacionados à mesma. Para a elaboração do artigo foram realizadas pesquisas bibliográficas para a elaboração da fundamentação teórica e no levantamento dos trabalhos publicados, além de pesquisa documental, que foram os dados cedidos pela empresa, para a aplicação do método.

O artigo aqui apresentado encontra-se estruturado em seis seções. Na primeira seção, apresentam-se a contextualização do problema de pesquisa, os objetivos propostos e os procedimentos metodológicos utilizados. Na segunda seção explica-se o conceito de simulação e suas características, a simulação de Monte Carlo e os passos para sua realização. A terceira seção apresenta os trabalhos publicados em simulação para previsão da demanda. Na quarta seção encontram-se os passos e os cálculos da simulação de Monte Carlo na empresa Cristófoli. A quinta seção mostra as conclusões acerca do estudo de caso e do método de simulação utilizado. E por fim, na sexta seção encontra-se a bibliografia utilizada para a elaboração do presente artigo.

## **2. Fundamentação Teórica**

### **2.1. Simulação**

A simulação é um método matemático que abrange a construção de um modelo similar à realidade, onde se estuda suas propriedades e características com o intuito de auxiliar as tomadas de decisões baseadas nos resultados da simulação, de acordo com Heizer e Render (2001). Deste modo, não é necessário que o sistema real seja manipulado, até que as vantagens e desvantagens de uma decisão sejam analisadas pelo modelo.

A simulação também é muito utilizada para obter dados, quando há necessidade de detalhes mais aprofundados sobre o processo. Além de dar suporte pra a previsão de demanda que, segundo Dias (1993, apud Higuchi, 2006), é uma estimativa antecipada do volume de vendas em um período específico, com uma margem de erro a ser considerada. Essa previsão é essencial para uma empresa que deseja permanecer competitiva no mercado, enfrentando seus concorrentes estrategicamente.

De acordo com Silva (2005), os modelos de simulação representam o comportamento de um sistema em escala real. Esses modelos podem ser classificados como: estático ou dinâmico, determinístico ou estocástico e discreto ou contínuo.



Os modelos de simulação estáticos representam um sistema em determinado instante sem variação de tempo, já o dinâmico representa a mudança de um sistema ao longo do tempo. Os modelos determinísticos são usados apenas quando o sistema não possui nenhuma dependência com alguma variável aleatória, enquanto o estocástico possui dependência com alguma variável probabilística, isto é, necessitam de uma ordem de chegada de tarefas, onde essas chegadas acontecem de acordo com uma distribuição de probabilidade (SILVA, 2005)

Silva (2005) afirma ainda que o modelo de simulação discreto é baseado em variáveis que assumem valores discretos, onde os valores podem ser expressos em função da ocorrência dos eventos ou pela determinação de um valor fixo. Logo, no modelo contínuo as variáveis assumem valores contínuos, onde seus valores podem ser definidos em qualquer instante.

Para Taveira (1997) um modelo de simulação geralmente tem mais credibilidade, pois pode ser comparado com o sistema real e nele podem ser analisadas características do sistema real. O modelo de simulação não pode gerar por si mesmo uma solução ótima sendo, portanto, apenas uma ferramenta de análise do comportamento do sistema em condições estabelecidas.

O uso de simulação tem algumas vantagens como o estudo de novos procedimentos sem a interferência deste no sistema real, avaliação de novos projetos antes de serem implantados, verificação de como e por que certas particularidades ocorrem no sistema, o tempo de estudo pode ser controlado, identificação de gargalos, comparação entre opções de operação de um sistema e realização de testes de novas situações, onde existem poucas informações, com o intuito de se prever eventos futuros, disponibilizando respostas para perguntas do tipo “e se...?” (TAVEIRA, 1997).

Porém a simulação também possui desvantagens como necessidade de treinamento do trabalhador que irá operar o sistema, as análises feitas através dos simuladores podem ser demoradas e caras, todo modelo de simulação é único e em alguns modelos os resultados da simulação podem ser difíceis de interpretar.

Segundo Taveira (1997) a simulação pode ser aplicada a todos os estudos e pesquisas ligados a pesquisa operacional. São muitos os sistemas que podem ser simulados como, a previsão do aumento populacional de uma determinada região; a análise da poluição e purificação da água; análise de commodities, simulação de estratégias de marketing de uma empresa, entre outros. Existem muitas áreas que podem usar a simulação como o governo, sistemas computacionais, manufatura, ecologia e meio ambiente e biociências.

Pegden (1990, apud Taveira, 1997) afirma que as organizações recorrem cada vez mais à simulação, para analisar com mais precisão a implementação de um projeto. Logo a simulação faz uma previsão do comportamento de sistemas complexos calculando a interação dos componentes do mesmo. No próximo tópico será descrito o modelo que vai ser utilizado para este estudo, o modelo de Monte Carlo.

## **2.2. Simulação de Monte Carlo**

Segundo Heizer e Render (2001), o modelo de Monte Carlo consiste na experimentação de elementos probabilísticos por meio da amostragem aleatória. Normalmente, aplica-se este método quando há um sistema com elementos que apresentam variáveis aleatórias no comportamento.

Este modelo pode ser definido ainda como um processo de operação de métodos estatísticos usando, de uma maneira experimental, variáveis traçadas por funções probabilísticas (ANDRADE, 2004).

De acordo com Heizer e Render (2001), para a execução da simulação de Monte Carlo são necessários 5 etapas. Na primeira etapa é preciso estabelecer distribuições de



probabilidades, pois no mundo real as variáveis são naturalmente probabilísticas, alguns exemplos são: demanda de estoque, tempo de ressurgimento (lead time) do material pedido, tempo entre quebras de máquina, tempo de atendimento, tempo necessário para conclusão de atividades de um projeto e o número de empregados ausentes do trabalho em cada dia. Um modo de estabelecer uma distribuição de probabilidade de uma variável é examinar os resultados históricos e assim encontrar a probabilidade ou frequência relativa. Para isso é necessário que para cada resultado de uma variável divida-se a frequência de observações pelo número total de observações.

Na segunda etapa constrói-se uma distribuição de probabilidades cumulativas para cada variável, ou seja, a conversão de uma distribuição de probabilidade regular em uma distribuição de probabilidades cumulativas, sendo que probabilidade cumulativa é a frequência desse ponto somada às frequências de todos os valores menores que o ponto considerado (HEIZER e RENDER, 2001).

A próxima etapa é determinar intervalos de números aleatórios. Depois de ter-se construído uma distribuição de probabilidades cumulativas para cada variável da simulação, é necessário atribuir um conjunto de números para representar cada valor ou resultado possível. Estes são chamados de intervalos de números aleatórios. De acordo com Moreira (2007), números aleatórios podem ser definidos como sendo uma seqüência de números quaisquer que são independentes entre si. Estes números aleatórios são selecionados por um processo totalmente aleatório, o que significa que cada número tem a mesma probabilidade de ser selecionado.

Na quarta etapa é realizado a geração de números aleatórios, estes podem ser gerados para problemas de simulação de duas maneiras. Se o problema for grande e o processo em estudo envolver muitos testes de simulação, existem programas de computador para gerar os números aleatórios necessários. Se a simulação for feita a mão, os números aleatórios podem ser selecionados a partir de uma tabela de dígitos aleatórios (HEIZER e RENDER, 2001).

A última etapa consiste na realização das simulações para se obter as informações necessárias. É possível simular os números dos resultados de um experimento pela simples seleção de números aleatórios de uma tabela, começando em qualquer ponto da mesma. Verifica-se então, em qual intervalo de números aleatórios o número escolhido se enquadra e, conseqüentemente, qual é a demanda respectiva (HEIZER e RENDER, 2001).

### **3. Trabalhos Realizados em Simulação para Previsão da Demanda**

Na revisão de literatura realizada encontrou-se apenas três trabalhos que tratam de previsão de demanda através de simulação.

Peixoto e Pinto (2006) realizaram um trabalho utilizando a simulação para prever a demanda, com o intuito de gerenciar estoques, definindo de maneira correta as variáveis e parâmetros do processo de decisão para reproduzi-lo em um modelo matemático, baseado em conceitos de simulação de processos. O estudo de caso realizado por Peixoto e Pinto (2006) ocorreu em uma empresa do setor siderúrgico, foi preparado e implementado computacionalmente um modelo matemático, tendo como objetivo reproduzir e avaliar cenários relacionados ao processo de compra e estocagem. Neste estudo o modelo foi considerado adequado para apoiar o processo de decisão de compra de matéria-prima.

Zan e Sellitto (2007) realizaram um estudo de caso onde simularam previsões de vendas de três produtos de uma empresa de fabricação de materiais elétricos. As simulações foram obtidas através do software Explorer APO, um suplemento que pode ser instalado no Microsoft Excel. Foram escolhidas técnicas de previsão de demanda pra cada produto, seguindo as características de cada um. Os dados recolhidos na empresa foram colocados no





software que fez as simulações. O uso do software mostrou-se eficaz e indispensável, devido à diversidade de produtos e simulações necessárias.

Jóia et al (1988), utilizaram o EDEE para simular a previsão de demanda por energia elétrica. O EDEE é um software computacional que através da modelagem de dados socioeconômicos e elétricos realiza simulações que resultam na definição de cenários futuros. No ano de 1988 foi considerado como sendo o software de simulação mais moderno da época. Ao término dos estudos realizados, o sistema EDEE foi considerado uma ferramenta muito importante na simulação da demanda de energia elétrica.

#### 4. Simulação de Monte Carlo para Previsão da Demanda de Autoclaves Modelo Vitale Plus 12

O presente estudo foi aplicado na empresa Cristófoli, que fabrica e monta aparelhos médico-odontológicos. Foi realizada uma previsão de demanda da Autoclave Vitale Plus 12 através da simulação de Monte Carlo. Em um primeiro momento foram coletados dados referentes aos históricos da demanda por este modelo de autoclave. A demanda histórica, observada num período de 10 dias, é a apresentada na Tabela 1.

TABELA 1 – Demanda por Autoclaves  
Demanda de Maio de 2009

Dia	Quantidade
4	14
5	0
6	7
7	3
8	7
11	2
12	6
13	2
14	5
15	0

Em seguida, foram calculadas as distribuições de probabilidades, a probabilidade cumulativa e o intervalo de números aleatórios para cada variável como pode ser observado na Tabela 2.

TABELA 2 – Atribuição do Intervalo de Números Aleatórios

Demanda Diária por Autoclaves	Frequência	Probabilidade de Ocorrência	Probabilidade Cumulativa	Intervalo de Números Aleatórios
0	2	0,20	0,20	1 a 20
2	2	0,20	0,40	21 a 40
3	1	0,10	0,50	41 a 50
5	1	0,10	0,60	51 a 60
6	1	0,10	0,70	61 a 70
7	2	0,20	0,90	71 a 90
14	1	0,10	1,00	91 a 100
Total	10 dias			

Como pode ser observado na Tabela 2, o tamanho de cada intervalo de números aleatórios corresponde à probabilidade de cada uma das possíveis demandas diárias, por exemplo, a faixa do intervalo de números aleatórios 41 a 50 corresponde exatamente à probabilidade dessa demanda. Uma demanda diária para três autoclaves ocorre em 10% dos dias. Portanto, os dez números aleatórios de 41 até 50, inclusive, são atribuídos a esse evento.



Os números aleatórios, que estão dispostos na Tabela 3, foram gerados no *Software Microsoft Excel* a partir da fórmula ALEATÓRIOENTRE( ; ).

TABELA 3 – Números Aleatórios

45	63	77	3	49
40	20	50	70	39
44	28	50	83	97
72	40	77	77	79
85	75	89	82	92
96	16	8	62	40
54	61	13	24	50
25	41	6	93	100
82	60	54	40	34
25	79	25	94	15
41	12	40	68	20
95	16	13	4	46
31	6	66	78	26
26	69	37	3	20
77	4	57	77	1
99	72	63	43	62
80	80	82	77	60
21	86	92	34	97
69	30	57	39	31
60	7	94	13	96

Em seguida foi realizada uma simulação de previsão de demanda para 20 dias, onde foi estabelecido, para cada dia previsto, um número aleatório e através destes, de acordo com seus intervalos, a demanda prevista para cada dia foi obtida. Esses dados e os resultados da simulação podem ser observados na Tabela 4.

TABELA 4 – Simulação 1

Número do dia	Número Aleatório	Demanda Diária Simulada
1	63	6
2	20	0
3	28	2
4	40	2
5	75	7
6	16	0
7	61	6
8	41	3
9	60	5
10	79	7
11	12	0
12	16	0
13	6	0
14	69	6
15	4	0
16	72	7
17	80	7
18	86	7
19	30	2
20	7	0
Total		67



A partir do total das 20 simulações, tem-se que a demanda diária prevista é de 3,35 autoclaves por dia.

Para validar o modelo é necessário calcular a demanda esperada, onde se multiplica cada probabilidade de  $i$  unidades por demanda por  $i$  unidades. Assim, a demanda esperada por este produto é de 4,6 unidades. Esta previsão ainda está longe da demanda esperada, isso ocorre devido ao fato de que esta simulação, para ter trazer resultados, deve ser realizada algumas vezes. Por este motivo foi realizada mais uma simulação, sendo os resultados apresentados na Tabela 5.

TABELA 5 – Simulação 2

Número do dia	Número Aleatório	Demanda Diária Simulada
1	45	3
2	63	6
3	77	7
4	3	0
5	49	3
6	40	2
7	20	0
8	50	3
9	70	6
10	39	2
11	44	3
12	28	2
13	50	3
14	83	7
15	97	14
16	72	7
17	40	2
18	77	7
19	77	7
20	79	7
Total		91

Nesta segunda simulação a demanda prevista foi de 4,55 autoclaves por dia, se aproximando da demanda esperada que é de 4,6 unidades.

Através das simulações realizadas, nota-se que os resultados obtidos com o modelo são confiáveis, porém este modelo precisa de um longo período de tempo para sua realização, pois para que se tenha um melhor resultado é necessário que se faça a simulação inúmeras vezes.

## 5. Considerações Finais

Pode se concluir que a simulação é um método matemático muito utilizado na pesquisa operacional onde se pode reconstituir o funcionamento real de um sistema, através de técnicas que a mesma disponibiliza, e tem por finalidade auxiliar as empresas na tomada de decisão, tornando a mesma competitiva no mercado em que está inserida, enfrentando seus concorrentes estrategicamente.

Neste trabalho a simulação tornou possível prever a demanda da Autoclave Vitale Plus 12 a partir de dados fornecidos pela empresa, com o auxílio do método de Monte Carlo, que consiste em avaliar números probabilísticos através de uma amostragem aleatória. Foram realizadas simulações diárias de Autoclaves fabricadas, onde se chegou ao número de aparelhos fabricados por dia, logo pode-se notar que os cálculos da demanda prevista se



aproximaram da demanda esperada, mostrando que o método de simulação de Monte Carlo é confiável.

Porém, este método possui algumas desvantagens, como o tempo que leva para ser realizado, pois é necessário coletar dados da empresa, gerar números aleatórios e muitas vezes também é necessário realizar a simulação inúmeras vezes até se alcançar um resultado considerado aceitável. Outra desvantagem é o fato de que para fazer essa simulação são necessários dados históricos de demanda, se uma empresa não possui esses dados ou se o produto é novo, já não é possível utilizar esse método de simulação.

Portanto, como pôde ser observado, a simulação de Monte Carlo gera dados confiáveis, mas em determinados casos este método se torna inviável.

## 6. Referências Bibliográficas

ANDRADE, E.L. *Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para a Análise de Decisão*. 2.ed, Livros Técnicos e Científicos Ed S.A., 2000.

HEIZER, J.; RENDER, . *Administração de Operações – Bens e Serviços*. 5.ed, Livros Técnicos e Científicos Ed S.A., 2001.

HIGUCHI, A.K. *A Previsão de Demanda de Produtos Alimentícios Perecíveis: Três Estudos de Caso*. REA. Revista Eletrônica de Administração, v. 08, p. 04, 2006. Disponível em: <[http://www.facef.br/rea/edicao09/ed09\\_art04.pdf](http://www.facef.br/rea/edicao09/ed09_art04.pdf)>. Acessado em 18 de Maio de 2009.

IANNONI, A.P; MORABITO, R. *Análise do Sistema Logístico de Recepção de Cana-de-açúcar: Um estudo de Caso Utilizando Simulação Discreta*. Gestão & Produção, v.9, n.2, p.107-128, 2002. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-530X2002000200002&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2002000200002&lng=pt&nrm=iso)>. Acessado em 15 de Maio de 2009.

JOIA, L. A. ; CAMPERO, F. H. ; MONTEIRO, L. A. P. . EDEE- Um Sistema Computacional para Previsão da Demanda de Energia Elétrica através da Técnica de Geração de Cenários. In: **Anais... IX Congresso Latinoamericano e Ibérico sobre Metodos Computacionales para Ingenieria**, 1988, Villa Carlo Paz. Disponível em: <[www.cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/view/2458/2409](http://www.cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/view/2458/2409)>. Acessado em 15 de Setembro de 2009.

MOREIRA, D. A. *Pesquisa Operacional: Curso Introdutório*. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

PEIXOTO, E.C; PINTO, L.R. *Gerenciamento de Estoques via Previsão de Vendas Agregadas Utilizando Simulação*. Produção, v.16, n.3, p. 569-581, 2006. disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-65132006000300016&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132006000300016&lng=pt&nrm=iso)>. Acessado em 29 de Maio de 2009.

RITZMAN, LARRY P.; KRAJEWSKI, LEE J. *Administração da Produção e Operações*. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

SILVA, L.C. *Simulação de Processos*. Disponível em: <<http://www.agais.com/simula.htm>>. Acessado em 19 de Maio de 2009.

TAVEIRA, R.A. *Uma Metodologia para Aperfeiçoamento da Mudança para um Sistema de Produção Just-In-Time em uma Indústria Metalúrgica, Usando Simulação Discreta e Técnicas de Projeto de Experimentos de Taguchi*. Florianópolis: UFSC, 1997. Cap.3: A Simulação na Produção. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta97/taveira>>. Acessado em 29 de Maio de 2009.

WERNER, L.; RIBEIRO, J.L.D. *Previsão de Demanda: uma Aplicação dos Modelos Box-jenkins na Área de Assistência Técnica de Computadores Pessoais*. Gestão & Produção, v.10, n.1, p.47-67, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v10n1/a05v10n1.pdf>>. Acessado em 30 de Maio de 2009.

ZAN, G. L.; SELLITTO, M. A. *Técnicas de Previsão de Demanda: Um Estudo de Caso Triplo com Dados de Venda de Materiais Eletro-Mecânicos*. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistema, ano 2, vol. 4, p. 95-106, 2007. Disponível em: <<http://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/171> >. Acessado em 15 de Setembro de 2009.