



University of  
Texas Libraries

REDIB  
Red Iberoamericana  
de Investigación y Conocimiento Científico



e-revist@s



Centro Universitário Santo Agostinho



# revista fsa

[www4.fsnet.com.br/revista](http://www4.fsnet.com.br/revista)

Rev. FSA, Teresina, v. 15, n. 3, art. 7, p. 149-161, mai./jun. 2018

ISSN Impresso: 1806-6356 ISSN Eletrônico: 2317-2983

<http://dx.doi.org/10.12819/2018.15.3.7>

DOAJ DIRECTORY OF  
OPEN ACCESS  
JOURNALS

WZB  
Wissenschaftszentrum Berlin  
für Sozialforschung



**Análise Comparativa Entre Softwares de Simulação Discreta: um Estudo de Caso em Uma  
Indústria Moveleira**  
**Comparative Analysis Between Discrete Simulation Softwares: a Case Study in a Furniture  
Industry**

**Eduardo Gasparin**

Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Graduado em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná

E-mail: [eduardogasparin@gmail.com](mailto:eduardogasparin@gmail.com)

**José Airton Azevedo dos Santos**

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina

Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

E-mail: [airton@utfpr.edu.br](mailto:airton@utfpr.edu.br)

**Endereço: Eduardo Gasparin**

CÂMPUS MEDIANEIRA Avenida Brasil, 4232 CEP  
85884-000 - Caixa Postal 271 - Medianeira – PR - Brasil.

**Endereço: José Airton Azevedo dos Santos**

CÂMPUS MEDIANEIRA Avenida Brasil, 4232 CEP  
85884-000 - Caixa Postal 271 - Medianeira – PR- Brasil.

**Editor-Chefe: Dr. Tonny Kerley de Alencar  
Rodrigues**

**Artigo recebido em 19/01/2018. Última versão  
recebida em 06/02/2017. Aprovado em 07/02/2018.**

**Avaliado pelo sistema Triple Review: a) Desk Review  
pelo Editor-Chefe; e b) Double Blind Review  
(avaliação cega por dois avaliadores da área).**

**Revisão: Gramatical, Normativa e de Formatação**



## RESUMO

Este trabalho dedica-se ao estudo comparativo dos resultados obtidos dos softwares ARENA e JAAMSIM na simulação de um processo de montagem de cadeiras em uma indústria moveleira, localizada na região oeste paranaense. O software ARENA é um software comercial já estabelecido no mercado, sendo utilizado por várias empresas. O software JAAMSIM é um software de código livre ainda muito pouco utilizado no Brasil. Como parâmetro de comparação selecionou-se a variável TPMLC (Tempo do Processo de Montagem de um Lote de 30 Cadeiras). Os resultados obtidos de simulação para os dois softwares, apresentaram muito boa correlação, com nenhuma diferença significativa entre eles.

**Palavras-chave:** ARENA. JAAMSIM. Indústria Moveleira. Simulação.

## ABSTRACT

This work is devoted to the comparative study of the results obtained from the ARENA and JAAMSIM software in the simulation of a process of assembly of chairs in a furniture industry, located in the western region of Paraná. ARENA software is commercial software already established in the market, being used by several companies. The JAAMSIM software is free code software still very little used in Brazil. As a parameter of comparison, the variable TPMLC (Time of the Process of Assembly of a batch of 30 Chairs) was selected. The simulation results for both software presented very good correlation, with no significant difference between them.

**Keywords:** ARENA. JAAMSIM. Furniture Industry. Simulation.

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria moveleira é uma das mais antigas indústrias do mundo, a técnica de serrar, modelar, lixar e pintar a madeira para transformá-la em móveis já era aplicada por carpinteiros e artesões da idade antiga. Este método ganhou um avanço considerável depois da revolução industrial, quando o processo ficou mais rápido e prático pela utilização das máquinas, isso trouxe economia de tempo, esforço e aumento de produtividade (COELHO; BERGER, 2004).

A fabricação de móveis, em especial os de madeira, pode ser considerada uma das mais tradicionais atividades da indústria de transformação. O setor reúne características como elevada utilização de insumos de origem natural e emprego relativamente intensivo de mão de obra. Os principais pólos moveleiros do país situam-se no Centro-Sul, nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Minas Gerais e Espírito Santo, apesar de se localizarem importantes fabricantes de móveis em todo o território nacional (FERREIRA, 2009).

A elevada competitividade do setor moveleiro é uma das principais razões para que busquem formas estratégicas baseadas na organização da produção para sobreviver no mercado atual, altamente competitivo. Uma alternativa para ajudar na tomada de decisão neste setor são as ferramentas de simulação. As ferramentas de simulação adequam o funcionamento de um sistema qualquer a possíveis variações em seus elementos constituintes ou em suas condições normais de operação. A simulação gera informações bastante precisas, levando à avaliação de vários cenários permitindo, sobretudo, decisões satisfatórias. Com ela, o gestor, através de um modelo computacional, imita o modelo real do fluxo de produção, com informações sobre recursos e tempos da produção. Com uma modelagem adequada do sistema, obtêm-se resultados rápidos e relativamente precisos sobre número de unidades produzidas, tamanho das filas de espera, taxa de utilização dos recursos, tempo de fluxo, dentre outros (BAUMGARTNER *et al.*, 2013).

O JAAMSIM é um software livre que apresenta um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém inúmeros recursos para modelagem, animação e análise de resultados. Este software é composto por um conjunto de blocos (ou módulos) utilizados para se descrever uma aplicação real e que funcionam como comandos de uma linguagem de programação. Os elementos básicos da modelagem em JAAMSIM são as entidades que representam as pessoas, objetos, transações, entre outros, que se movem ao longo do sistema; as estações de trabalho que demonstram onde será realizado algum serviço ou transformação,

e por fim, o fluxo que representa os caminhos que a entidade irá percorrer ao longo de estações. O JAAMSIM utiliza a linguagem de programação JAVA e pode ser baixado através do site [www.jaamsim.com](http://www.jaamsim.com). O arquivo executável, o código fonte, o manual do usuário e o manual de programação também podem ser baixados no site (KING, 2013).

O software ARENA é um dos softwares de simulação discreta mais utilizado no mundo empresarial e acadêmico. O ARENA utiliza a linguagem SIMAN. Segundo Prado (1999), o SIMAN é uma linguagem de simulação e, em 1983, deu nome ao primeiro programa de simulação para computadores pessoais (PCs). Este programa apresenta um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém todos os recursos para modelagem, animação, análise estatística e análise de resultados e utiliza a abordagem por processos para execução da simulação (ALVES *et al.*, 2014).

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo comparar, através de técnicas estatísticas, os resultados obtidos dos softwares ARENA e JAAMSIM na simulação de um processo de montagem de cadeiras em uma indústria moveleira, localizada na região oeste paranaense.

## 2 MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da Pesquisa

A metodologia utilizada neste estudo pode ser classificada quanto ao tipo de pesquisa, a população amostra, a coleta e a análise dos dados. A classificação quanto ao tipo de pesquisa pode ser subdividida de acordo com a natureza, sendo para este estudo aplicada, pois seus resultados são aplicados à resolução de problemas reais enfrentados pela empresa em estudo. Quanto aos objetivos é descritiva, pois tem como objetivo descrever as características de determinada população ou fenômeno. Quanto à forma de abordar o problema pode ser considerada quantitativa, pois os dados obtidos (cronometrados) no sistema real foram, em seguida, tratados estatisticamente. E, de acordo com os procedimentos técnicos como modelagem e simulação, uma pesquisa operacional (GIL, 2008).

Como estratégia de pesquisa, foi utilizado o estudo de caso que, conforme Yin (2013), é ideal em situações organizacionais reais em que o pesquisador não tem controle dos fenômenos.

## 2.2 Caracterização da Empresa

Fundada em 1966 na região Oeste do Paraná, a empresa em estudo iniciou suas atividades voltada para o beneficiamento, indústria, comércio, exportação e importação de madeiras nobres, sendo co-atuante na colonização e desenvolvimento da região oeste do Paraná.

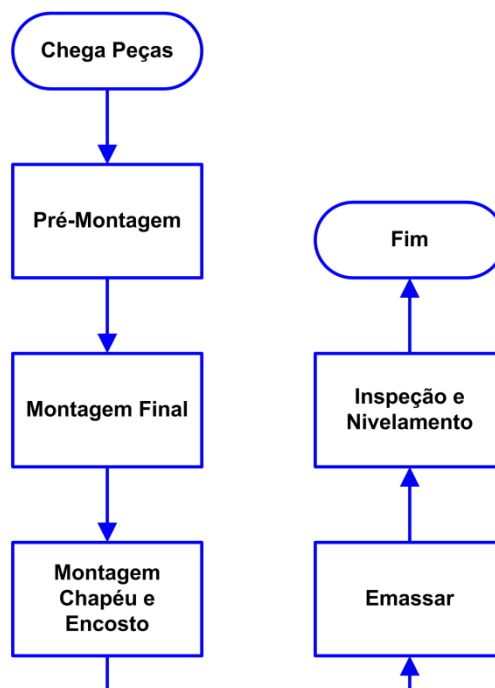
Na década de 90, num movimento de expansão e adequação à nova realidade do mercado mundial, a empresa começa a produzir móveis, através de uma sofisticada e moderna linha de salas de jantar. Em poucos anos estendeu seu portfólio que apresenta, atualmente, cadeiras, poltronas e mesas. Atualmente, as cadeiras representam aproximadamente 20% do faturamento total da empresa.

Hoje a empresa, atua fortemente em todas as regiões brasileiras, principalmente em Santa Catarina e São Paulo. Suas vendas ocorrem por intermédio de representantes e diretamente por clientes (BONATTO, 2013).

## 2.3 Processo de Fabricação

Na Figura 1 apresenta-se o fluxograma do processo de montagem de cadeiras.

**Figura 1 – Fluxograma do processo**



O processo de montagem de cadeiras (Figura 2) inicia com a chegada das peças na etapa de pré-montagem das estruturas traseira e dianteira. Nestas etapas, os funcionários passam cola nas espigas e nos furos e fazem o encaixe das estruturas. Após o encaixe das estruturas, as peças são prensadas, grampeadas e coladas na etapa de montagem final. Na sequência, o chapéu e a travessa (Encosto) são montados na etapa de montagem do chapéu e encosto. A seguir, as imperfeições são corrigidas, na etapa de emassar. Finalmente, são niveladas, em uma mesa de vidro, e inspecionadas na etapa de inspeção e nivelamento.

Atualmente, o setor de montagem da indústria moveleira conta com 4 funcionários.

**Figura 2 – Cadeira produzida pela empresa**



Fonte: Bonatto (2013).

## 2.4 COLETA DE DADOS

A coleta de dados é uma parte fundamental do processo de simulação, pois um insucesso nesta etapa compromete todo o trabalho. Por isso, neste trabalho, foi dada atenção especial a esta etapa.

A coleta de dados foi realizada de forma direta por observação das atividades que compõem o processo de montagem de cadeiras da indústria. No planejamento, da coleta de dados, concluiu-se que seria necessário coletar os dados relativos as seguintes variáveis: tempos da Pré-Montagem Traseira (PMT); tempos de Pré-Montagem Dianteira (PMD); tempos de Montagem Final (MF); tempos de Montagem do Chapéu (MC); tempos de Montagem do Encosto (MC); tempos de Emassar (EM) e tempos de Inspeccionar e Nivelar (ISP).

Na seção de resultados e discussões serão detalhados os dados coletados e o tratamento dado a eles, visando garantir a sua consistência para utilização nos modelos computacionais.

## 2.5 NÚMERO DE REPLICAÇÕES

Neste trabalho, o número de replicações ( $n^*$ ) foi obtido através da Equação (1) (CHIFF; MEDINA, 2007):

$$n^* = n \times \left(\frac{h}{h^*}\right)^2 \quad (1)$$

Onde:  $n$ : número de replicações já realizadas;  $h$ : semi-intervalo de confiança já obtido e;  $h^*$ : semi-intervalo de confiança desejado.

## 2.6 TAMANHO DA AMOSTRA

O tamanho de cada uma das amostras, cronometradas neste trabalho, foi obtida para um nível de confiança de 95%, através da Equação (3) (MORROCO, 2003):

$$n_A = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \times S}{E}\right)^2 \quad (2)$$

Onde:  $n_A$ : número de indivíduos da amostra;  $Z_{\alpha/2}$ : valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado;  $S$ : desvio padrão e  $E$ : erro máximo estimado.

## 2.7 VALIDAÇÃO DO MODELO

No processo de validação são comparados os resultados reais aos simulados. Este processo será realizado através do cálculo do erro médio estimado (Equação 3):

$$SE = \sqrt{\frac{(SR - MD)^2}{GLR}} \quad (3)$$

Onde:  $SE$  – erro médio estimado;  $SR$  – valor obtido a partir do sistema real;  $MD$  – média dos valores gerados pelo modelo e  $GLR$  – grau de liberdade, considerando o número de replicações do modelo.

Observa-se que quanto menor o erro médio estimado, mais ajustados estão os resultados do modelo com os resultados reais.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, foi realizada uma avaliação descritiva completa dos dados coletados no software Statistica® versão 11. A Tabela 1 apresenta a análise dos dados coletados no processo de montagem de cadeiras.

**Tabela 1 – Análise de dados**

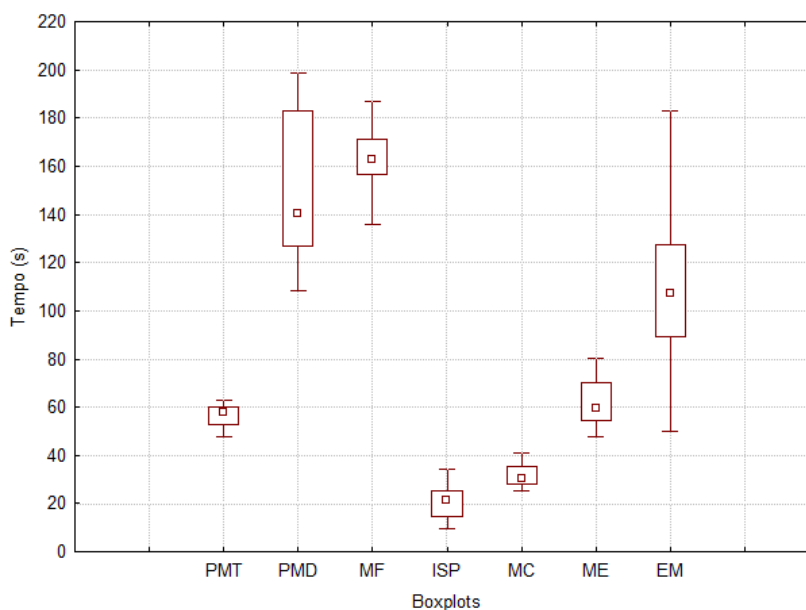
Coef. de Variação (%)	PMT (s)	PMD (s)	MF (s)	ISP (s)	MC (s)	ME (s)	EM (s)
Pontos	30	30	30	30	30	30	30
Mínimo	47,49	108,4	135,9	9,7	25,5	47,7	50,2
Máximo	62,71	198,6	186,9	34,5	41,3	80,1	183,1
Média	56,7	151,1	162,9	20,6	31,9	60,9	112,3
Mediana	57,7	140,1	162,7	21,5	30,6	59,8	106,9
Desvio Padrão	3,9	31,1	12,6	7,1	4,7	8,3	35,9
Coef. de Variação (%)	6,9	20,5	7,7	34,7	14,7	13,6	31,9

Observa-se, através dos dados apresentados na Tabela 1, que a variável MF (tempos de Montagem Final) apresentou a maior mediana e a maior média entre os dados coletados no processo de montagem de cadeiras. Já os coeficientes de variação para as setes variáveis, coletadas no sistema, foram 6,9%, 20,5%, 7,7%, 34,7%, 14,7%, 13,6% e 31,90%. Segundo Pimentel (2000), nos experimentos de campo, se o coeficiente de variação for inferior a 10% tem-se um coeficiente de variação baixo, de 10 a 20% médio, de 20 a 30% alto e acima de 30% muito alto.

Após realizar a análise exploratória, os dados foram plotados em forma de *boxplots* (Figura 3), para identificação de *outliers* (valores fora da normalidade). As razões mais comuns para o surgimento desses valores são os erros na coleta de dados ou eventos raros e inesperados. Os *outliers*, considerados como extremos, só são descartados das amostras, depois de uma análise criteriosa de suas causas. Os valores julgados como possíveis de ocorrer são mantidos nas amostras.



Figura 3 – Boxplots da variáveis coletadas no sistema



Após a realização da análise dos dados, o passo seguinte foi determinar as distribuições teóricas de probabilidades que melhor representem o comportamento estocástico do sistema em estudo, através da ferramenta *Input Analyzer* do *Arena*®. Como os *p-values* dos testes de aderência: teste Chi Square e do teste Kolmogorov-Smirnof foram maiores que o nível de significância adotado (0,1) (CHWIF & MEDINA, 2007), concluiu-se que as distribuições, apresentadas na Tabela 2, são as expressões que melhor se adaptaram aos dados coletados no sistema.

Tabela 2 – Distribuições de probabilidade

Itens	Distribuição
PMT	TRIA(147,60.1,63) s
PMD	UNIF(108,199) s
MF	NORM(163,12.4) s
ISP	9+WEIB(12.8,1.56) s 25+GAMMA(3.69,1.88)
MC	s
ME	TRIA(47,54,7,81) s
EM	TRIA(50,90.2,184) s

### 3.1 Simulação Computacional

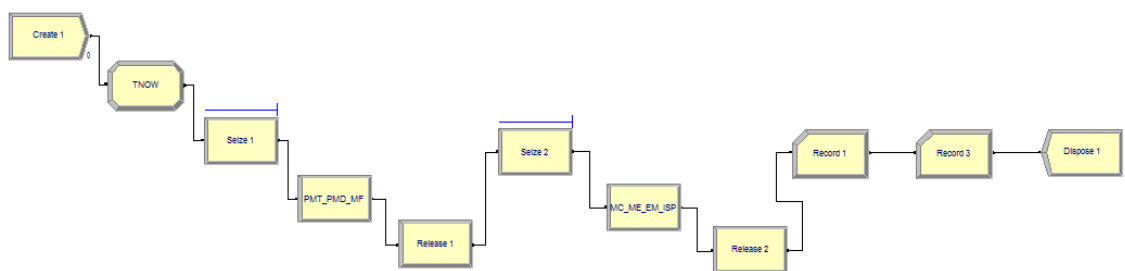
Inicialmente, a validação, dos modelos computacionais (Figuras 4 e 5), foi realizada por meio da técnica face a face, cujos modelos foram executados para os funcionários da

indústria moveleira que os consideraram corretos (SARGENT, 2012). Na sequência realizou-se uma comparação (Tabela 3) entre o tempo médio obtido do sistema real com os tempos médios gerados pelos modelos para a variável Tempo do Processo de Montagem de um Lote de 30 Cadeiras (TPMLC). Nesta tabela apresenta-se o erro médio estimado (SE, em decimal).

**Figura 4 – Modelo computacional – JAAMSIM**



**Figura 5 – Modelo computacional – ARENA (student version)**



**Tabela 3 – Dados do sistema real e dos modelos**

Software	Sistema Real	TPMLC (min)	
		Modelo Computacional	SE
JAAMSIM	98,4	97,3	0,2
ARENA	98,4	97,7	0,13

Através da análise dos resultados da Tabela 3, pode-se concluir que os modelos computacionais apresentam uma boa aproximação, em relação ao tempo do processo de montagem, com o sistema real.

Na sequência, foi aplicado a análise de variância, a 5% de significância, na comparação dos resultados obtidos dos dois modelos de simulação (JAAMSIM e ARENA), para a variável Tempo do Processo de Montagem de um Lote de 30 Cadeiras (TPMLC). Não foram constatadas diferenças estatísticas entre os resultados dos dois softwares, como se pode observar, através dos dados apresentados na Tabela 3, que  $F_0$  é menor que  $F_{crítico}$  ( $F_0=1,302248$  enquanto  $F_{crítico}= 4,182964$ ).

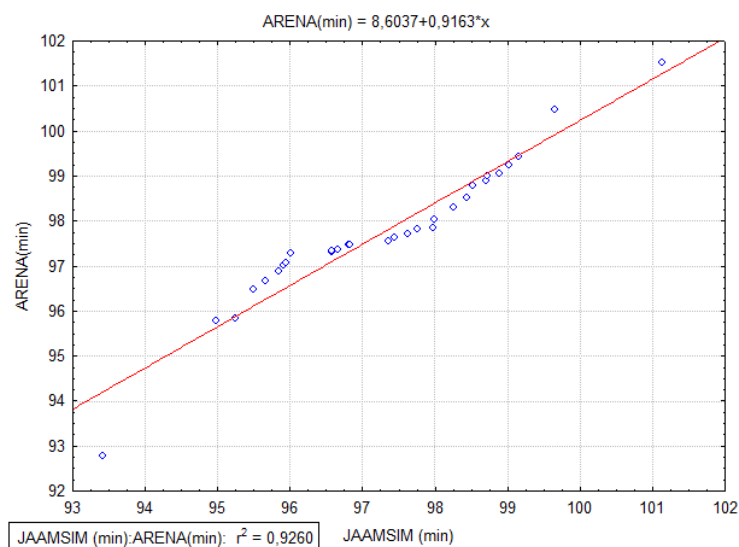
**Tabela 3 – Análise de variância**

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Linhas	77,19357	29	2,661847	1,069144	0,429181	1,860811
Colunas	3,242205	1	3,242205	1,302248	0,263139	4,182964
Erro	72,20127	29	2,489699			
Total	152,637	59				

*SQ*: Soma dos quadrados; *gl*: Graus de liberdade; *MQ*: Quadrado médio.

Finalmente, foram relacionados os resultados dos softwares por uma regressão linear (Figura 6), sendo que a equação obtida obteve um coeficiente de determinação ( $R^2=0,926$ ). O coeficiente angular da regressão aproxima-se de 1 (0,916), o que mostra que os resultados de simulação obtidos no JAAMSIM são muito próximos dos resultados obtidos do ARENA.

**Figura 6 – Regressão linear dos resultados do ARENA em função do JAAMSIM**



#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentaram-se as metodologias utilizadas na implementação de dois modelos computacionais usados para simular o processo de montagem de cadeiras em uma indústria moveleira da região oeste paranaense.

De acordo com os resultados das análises procedidas para a validação dos modelos computacionais, foi possível concluir que os mesmos podem ser aplicados para simular a dinâmica operacional do processo de montagem de cadeiras, principalmente na previsão da variável Tempo do Processo de Montagem de um Lote de Cadeiras (TPMLC).

Observou-se, também, que na simulação do processo de montagem de cadeiras, não foram encontrados diferenças estatísticas entre os resultados obtidos de simulação para os softwares JAAMSIM e ARENA. Assim, os resultados obtidos dos dois software apresentaram muito boa correlação.

Deve-se destacar, ainda, que o potencial de uso da simulação é inexplorado em diversos contextos brasileiros, principalmente, em pequenas e médias empresas e que, a utilização de softwares livres, como o software JAAMSIM, pode promover o crescimento das pequenas empresas da região.

#### REFERÊNCIAS

ALVES, R.; SANTOS, J. A. A.; SCHMIDT, C. A. P. Aplicação dos princípios da teoria das restrições e de técnicas de simulação na gestão da dinâmica operacional de um pequeno restaurante: um estudo de caso. **Revista Espacios**, v. 35, p. 21, 2014.

BAUMGARTNER, D.; CAVALLI, D.; SANTOS, J. A. A.; SCHMIDT, C. A. P. Modelagem, simulação e otimização da dinâmica operacional do processo de embalagem e paletização de sachês de refresco em pó: um estudo de caso. **Revista Espacios**, v. 34, p. 10, 2013.

BONATTO, F. **Aplicação do mapa do fluxo de valor em uma indústria moveleira**. Trabalho de Conclusão de Curso – UTFPR, 2013.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria & aplicações**. São Paulo: Brazilian Books, 2007.

COELHO, M. R. F.; BERGER, R. Competitividade das exportações brasileiras de móveis no mercado internacional: uma análise segundo a visão de desempenho. **Revista FAE**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 51-65, 2004.

FERREIRA, J. B. *et al.* **Relatório de acompanhamento setorial - indústria moveleira**. Volume I, São Paulo; UNICAMP, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2008.

KING, D. H. Open source simulation software 'JAASIM'. In: Proceedings of the Winter Simulation Conference. **Anais...** Washington - DC, 2013.

MORROCO, J. **Análise estatística de dados – com utilização do SPSS**. Lisboa: Sílabo, 2007.

PIMENTEL, F. G. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Degaspari, 2000.

PRADO, D. **Usando o ARENA em simulação**. Nova Lima: INDG - Tecnologia e Serviços LTDA, 2010.

SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. **Journal of Simulation**, v. 7, p. 12-24. 2012.

SATOR, F.; SANTOS, J. A. A.; SCHMIDT, C. A. P. Teoria das restrições e simulação aplicadas no gerenciamento de demanda de uma unidade de pronto atendimento. **Revista Espacios**, v. 35, p. 19, 2014.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2001

YIN, R. K. **Case study research, design and methods (applied social research methods)**. New York: SAGE Publications, 2013.

VOGEL, C. C.; SCHMIDT, C. A. P.; SANTOS, J. A. A.; SILVA, A. L. Aplicação de técnicas de simulação e de ergonomia ao processo de paletização de caixas de leite UHT: um estudo de caso. **Scientia Plena**, v. 9, p. 1-10, 2013.

**Como Referenciar este Artigo, conforme ABNT:**

GASPARIN, E; SANTOS, J. A. A. Análise Comparativa Entre Softwares de Simulação Discreta: um Estudo de Caso em Uma Indústria Moveleira. **Rev. FSA**, Teresina, v.15, n.3, art. 7, p. 149-161, mai./jun. 2018.

Contribuição dos Autores	E. Gasparin	J. A. A. Santos
1) concepção e planejamento.	X	X
2) análise e interpretação dos dados.	X	X
3) elaboração do rascunho ou na revisão crítica do conteúdo.	X	X
4) participação na aprovação da versão final do manuscrito.	X	X