



ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



02 a 04
de dezembro 2020

Simulação de um processo de pintura de cadeiras: um estudo de caso integrando a idade dos trabalhadores

Priscila Ramallo

Mestranda PPGTCA - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Eduarda A. Antonioli

Mestranda PPGTCA - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

José Airtton A. dos Santos

PPGTCA - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Lucas Marujo

Mestrando PPGTCA - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Carla Adriana Pizarro Schmidt

PPGTCA - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Resumo: A produtividade é um dos indicadores que mostram o sucesso que uma empresa tem no mercado onde atua. Por esse motivo, as empresas devem analisar os fatores que influenciam esse indicador. Entre esses fatores, o fator humano (idade dos trabalhadores) pode influenciar a produtividade da empresa. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo analisar, através de técnicas de simulação de eventos discretos (DES), o processo de pintura de cadeiras em uma indústria moveleira, considerando a idade dos trabalhadores. Quatro cenários foram testados, para observar o desempenho do sistema, com variação na idade dos trabalhadores. O modelo do sistema foi implementado no software de simulação JAAMSIM®. Observou-se que o aumento da idade dos trabalhadores reduz o número de cadeiras pintadas.

Palavras-chave: JaamSim®, Simulação, Idade dos trabalhadores.

Simulation of a chairs paint process: a case study integrating the age of workers

Abstract: Productivity is a of the indicators that show the successful that a company have in the market where it operates. For this reason, companies should analyze the factors that influence this indicator. Among these factors, human factor (age of workers) may influence the company productivity. In this context, this work aimed to analyze, through discrete event simulation techniques (DES), the process of painting of chairs in a furniture industry, considering the age of the workers. Four scenarios were tested, to observe the performance of the system, with variation in the age of workers. The model of the system was implemented in the JAAMSIM® simulation software. It was observed, that the increasing of the age of the workers reduces the number of painted chairs.

Keywords: JaamSim®, Simulation, Age of works.

1. Introdução

As indústrias moveleiras podem ser consideradas como uma das mais antigas do mundo. No Brasil, estão localizadas no sul e sudeste do país. O setor moveleiro está dividido em três áreas principais: 60% das empresas produzem mobiliário doméstico, 25% mobiliário de escritório e 15% outros tipos. Diferentes tipos de materiais como madeira, metal, plástico e couro são utilizados na produção de móveis (STIPP, 2002).

O estudo, apresentado neste trabalho, é baseado nos dados coletados, do processo de produção de cadeiras, de uma indústria moveleira localizada na região oeste do estado do Paraná. O sistema de produção da empresa é muito semelhante ao de outras empresas da região. No início da semana, o gerente de produção decide quais tipos de móveis serão produzidos durante essa semana. A linha de produção é então totalmente dedicada a esses produtos.

Atualmente, as indústrias moveleiras vivem em um ambiente competitivo e a busca por resultados torna-se cada vez mais desafiadora. Exigindo cada vez mais desempenho dos trabalhadores. A idade do trabalhador é uma das causas de perda de desempenho das linhas de produção. A capacidade produtiva das linhas de produção, dependendo da idade dos trabalhadores, pode também ser obtida através de simulação computacional.

Segundo Banks (2007), simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento de um sistema usando um computador digital. A simulação de um modelo permite entender a dinâmica de um sistema assim como analisar e prever o efeito de mudanças que se introduzam no mesmo (ALVES *et al.*, 2014; PRADO, 2010).

O modelo, do processo de pintura de cadeiras, foi implementado no software JAAMSIM®. Este software fornece um ambiente totalmente integrado para construir, animar graficamente, verificar e analisar modelos de simulação (KING; HARRISON, 2014).

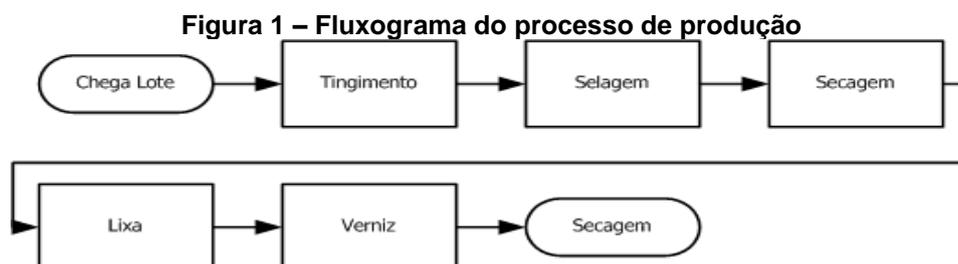
Neste contexto, este trabalho teve como objetivo analisar, através de técnicas de simulação de eventos discretos (DES), o processo de pintura de cadeiras em uma indústria moveleira, considerando a idade dos trabalhadores.

2. Aspectos Metodológicos

A pesquisa é caracterizada como um processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico, cujo objetivo fundamental é descobrir resposta para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos (GIL, 2008). Esta pesquisa utilizou dois métodos de pesquisa: o estudo de caso, para conhecer o fenômeno no contexto real de forma ampla e detalhada (YIN, 2013), e a modelagem/simulação, que aborda quantitativamente o problema e busca controlar as variáveis gerenciais em estudo.

O Processo de Fabricação:

Na Figura 1 apresenta-se o fluxograma do sistema em estudo.



Fonte: Fonte: Autoria própria (2020)

O processo, em estudo, inicia com a chegada das cadeiras no processo de tingimento. Neste processo as cadeiras são tingidas através de uma pistola manual. Observa-se que a empresa possui duas cabines de pintura, sendo no momento, utilizada apenas uma. Depois de tingidas as cadeiras passam pelo processo de selagem. Neste processo recebem um selador, também através de pistola manual. Na sequência as cadeiras passam pelos processos de secagem e lixação. Na lixação são realizadas ações corretivas. Finalmente, as cadeiras passam pelos processos de aplicação de verniz e secagem. O verniz é aplicado para dar proteção e resistência ao produto.

Atualmente, o setor de pintura conta com 7 funcionários: 4 no processo de lixa, 1 no processo de tingimento, 1 no processo de selagem e 1 no processo de aplicação de verniz.

Coleta de Dados:

A coleta de dados foi realizada de forma direta por observação das atividades que compõem o processo de pintura de cadeiras da indústria. No planejamento, da coleta de dados, concluiu-se que seria necessário determinar as seguintes variáveis:

- Tempos de Tingimento da Cadeira (TTC);
- Tempos de Selagem (TSL);
- Tempo de Secagem (30 minutos);
- Tempos de Lixa (TL) e;
- Tempos de Verniz (TV).

Na seção 3 é apresentado o tratamento dado aos dados, visando garantir a sua consistência para utilização no modelo.

Idade dos Trabalhadores:

A taxa de redução do desempenho devido à idade (d) (Equação 1) é dada por (MONTEVECHI; PAIVA, 2009):

$$d = \frac{(a-30)}{35} \quad (1)$$

onde (a) é a idade em anos.

A diminuição no desempenho (D) para uma idade (a) é obtida por meio da Equação 2:

$$D(\%) = d(a - 30) \quad (2)$$

Número de Replicações:

Neste trabalho, o número de replicações (n^*) foi obtido através da Equação (3) (CHIFF; MEDINA, 2007; BAUMGARTNER *et al.*, 2013; FREITAS FILHO, 2008):

$$n^* = n \times \left(\frac{h}{h^*}\right)^2 \quad (3)$$

Onde:

n: número de replicações já realizadas;

h: semi-intervalo de confiança já obtido e

h*: semi-intervalo de confiança desejado.

Tamanhos das Amostras:

O tamanho de cada uma das amostras, cronometradas neste trabalho, foi obtida para um nível de confiança de 95%, através da Equação (4) (MORROCO, 2003):

$$n_A = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \times S}{E} \right)^2 \quad (4)$$

Onde:

n_A: número de indivíduos da amostra;

Z_{α/2}: valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado;

S: desvio padrão e

E: erro máximo estimado.

Validação dos Modelos:

No processo de validação são comparados os resultados reais aos simulados. Este processo será realizado através do cálculo do erro médio estimado (Equação 5) (SANTOS *et al.*, 2014):

$$SE = \sqrt{\frac{(SR - MD)^2}{GLR}} \quad (5)$$

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.

Software JAAMSIM®:

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 (GASPARIN; SANTOS, 2018).

3. Resultados e Discussão

Tratamento dos Dados:

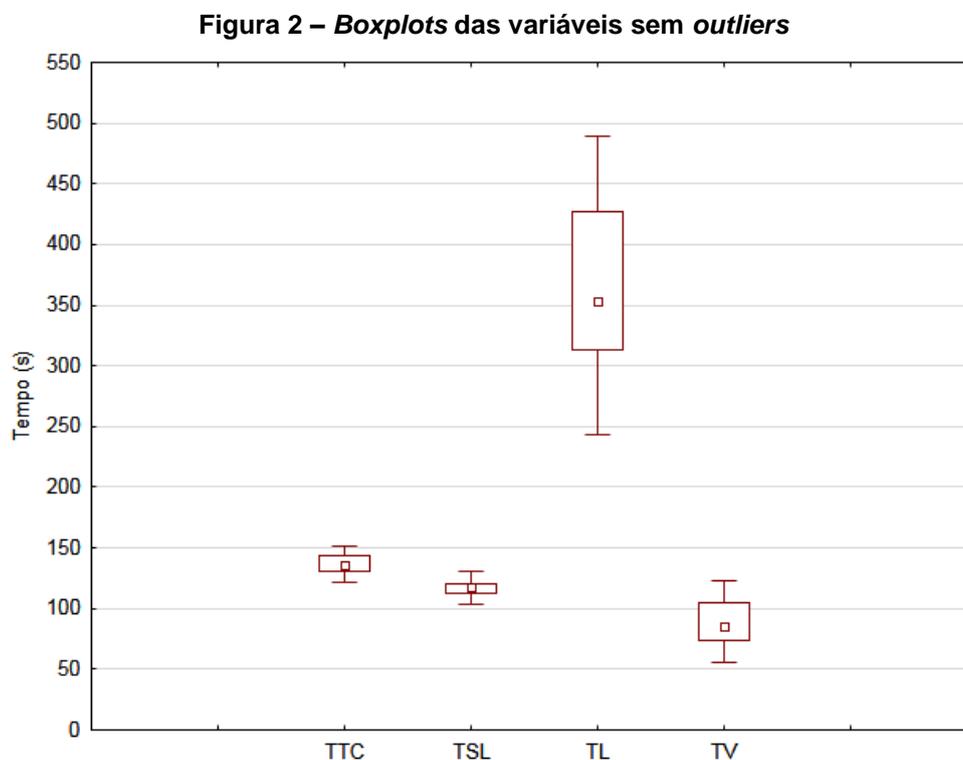
Na Tabela 1 apresenta-se uma avaliação descritiva dos dados coletados no processo de pintura de cadeiras.

Parâmetro	TTC	TSL	TL	TV
Pontos	100	100	100	100
Média (s)	136,82	117,05	365,51	88,59
Mediana (s)	135,42	118,06	353,94	85,42
Mínimo (s)	122,06	103,09	243,56	55,15
Máximo (s)	151,75	131	488,93	122,43
Desvio Padrão (s)	8,6	6,36	71,12	19,5
Coefficiente de Variação (%)	6,28	5,43	19,45	22,01

Fonte: Fonte: Autoria própria (2020)

Observa-se, através dos dados apresentados na Tabela 1, que a variável TL (Tempos de Lixa) apresentou a maior mediana e a maior média entre os dados coletados no processo de pintura de cadeiras. Já os coeficientes de variação para as quatro variáveis coletadas foram 6,28%, 5,43%, 19,45% e 22,01%.

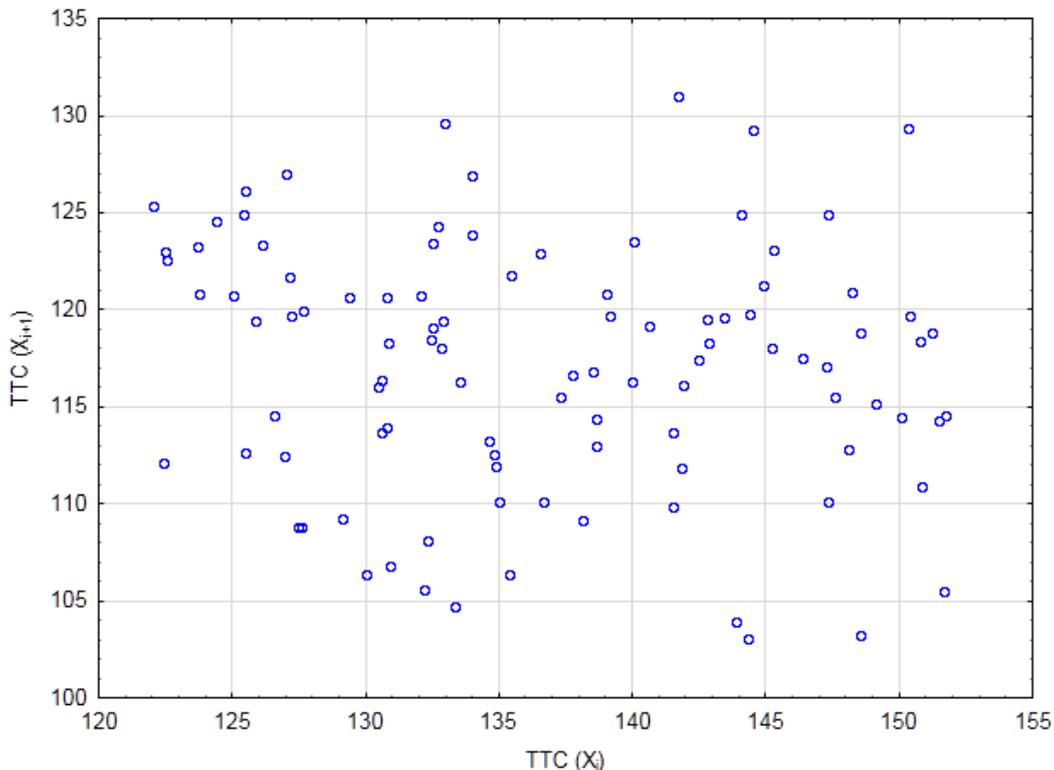
Após realizar a análise exploratória, os dados foram plotados em forma de *boxplots* (Figura 2), para uma análise da presença de *outliers* nos dados coletados.



Fonte: Fonte: Autoria própria (2020)

Após a análise exploratória, realizou-se à análise de correlação entre os dados, ou seja, verificou se há dependência entre os valores das amostras. Na Figura 3 é apresentado, como exemplo, o gráfico de dispersão dos Tempos de Tingimento (TTC). Nessa figura pode-se observar que não há correlação entre as observações da amostra.

Figura 3 – Gráfico de dispersão



Fonte: Fonte: Autoria própria (2020)

Após a análise dos dados, por meio de técnicas estatísticas (MARIN; TOMI, 2010), o próximo passo foi determinar as curvas de distribuição de probabilidade que melhor representassem o comportamento estocástico do sistema em estudo (Tabela 2).

Tabela 2 – Distribuições de probabilidade – Idade dos trabalhadores

Idade	TTC (s)	TSL (s)	TL (s)	TV (s)
30	UNIF(122,152)	TRIA(101,118,132)	UNIF(243,491)	UNIF(55,124)
35	UNIF(123,153)	TRIA(101,118,132)	UNIF(243,491)	UNIF(55,124)
40	UNIF(125,157)	TRIA(106,122,135)	UNIF(251,503)	UNIF(56,128)
45	UNIF(130,162)	TRIA(109,126,140)	UNIF(260,521)	UNIF(58,132)
50	UNIF(136,170)	TRIA(114,132,146)	UNIF(272,545)	UNIF(61,139)
55	UNIF(143,179)	TRIA(121,138,155)	UNIF(288,577)	UNIF(64,147)
60	UNIF(153,191)	TRIA(129,149,165)	UNIF(307,615)	UNIF(69,156)
65	UNIF(164,205)	TRIA(139,160,177)	UNIF(330,660)	UNIF(74,168)

Fonte: Fonte: Autoria própria (2020)

Validação dos Modelos:

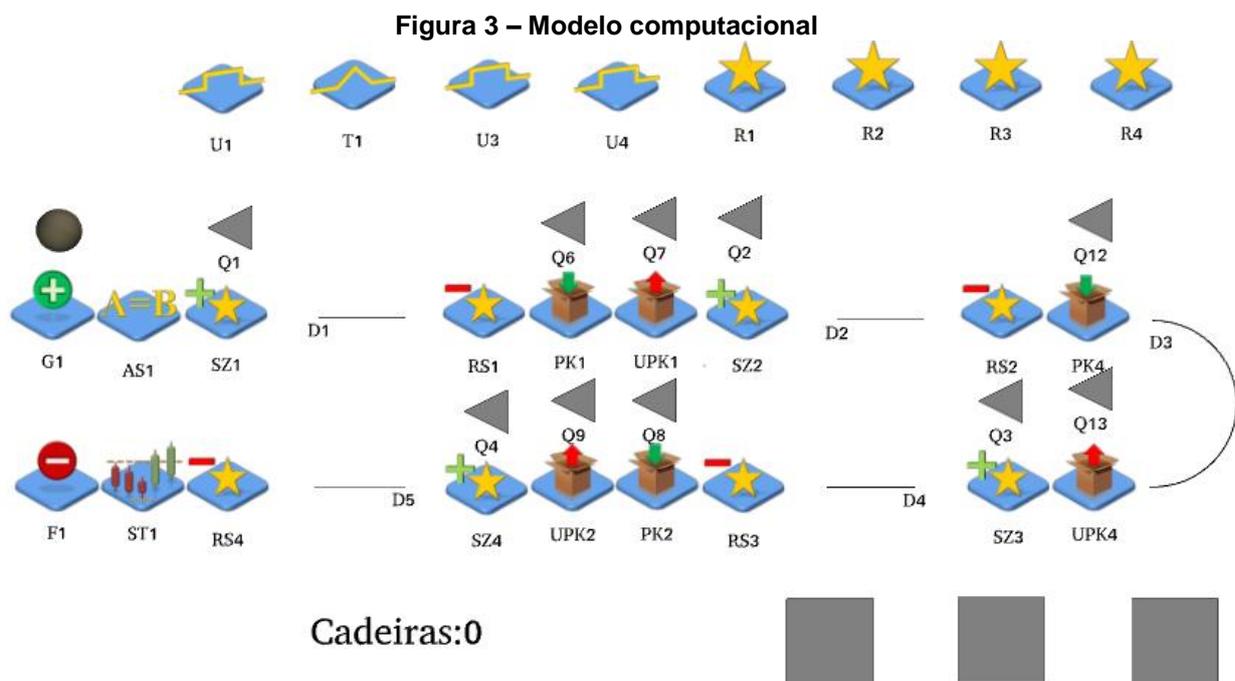
Inicialmente, a validação do modelo computacional foi realizada por meio da técnica face a face, onde o modelo foi apresentado para funcionários da empresa que o consideraram correto (SARGENT, 1998). Na seqüência, foi realizada uma comparação (Tabela 3) entre a média obtida no sistema real com a média gerada pelo modelo para a variável TPC: Tempo de pintura de um lote (80 cadeiras). Nesta tabela apresenta-se o erro médio estimado (SE, em decimal).

Tabela 3 – Dados do sistema real e do modelo – TPC (h)

Sistema Real	Modelo Computacional	SE
7,2	8,15	0,25

Fonte: Fonte: Autoria própria (2020)

Através da análise dos resultados apresentados na Tabela 3, pode-se concluir que o modelo computacional fornece uma boa aproximação, em relação ao tempo do processo de produção, com o sistema real. A Figura 4 mostra o modelo computacional implementado no software JAAMSIM®.



Fonte: Fonte: Autoria própria (2020)

Para analisar o efeito da variação da idade dos trabalhadores, no número de cadeiras pintadas, foram construídos quatro cenários. Foi simulado, por meio do software JAAMSIM®, os quatro cenários, considerando um tempo de 7,2 horas.

Cenário 1: Variação apenas na idade do trabalhador do processo de tingimento;

Cenário 2: Variação apenas na idade do trabalhador do processo de selagem;

Cenário 3: Variação apenas na idade dos trabalhadores do processo de lixamento;

Cenário 4: Variação apenas na idade do trabalhador do processo de verniz.

Os resultados da simulação para os quatro cenários são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados de simulação (7,2 h) – Número de cadeiras

Idade	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
30	80	80	80	80
35	80	80	80	80
40	79,9	80	80	80
45	79,3	79,9	79,9	80
50	76,1	79,7	79,8	79,8
55	69,8	78,9	79,5	79,3
60	60,1	73,3	78,7	78,2
65	49	63,4	77	75,7

Fonte: Fonte: Autoria própria (2020)

Observa-se, dos resultados apresentados na tabela 4, que a inclusão da idade do trabalhador no modelo de simulação reduziu, na maioria dos casos, o número de cadeiras pintadas. Observou-se também que o cenário 1 (Processo de tingimento) foi o mais afetado pela variação da idade do trabalhador e o cenário 3 (Processo de Lixamento), com mais trabalhadores, menos afetado.

4. Considerações Finais

Neste trabalho, apresentou-se a metodologia utilizada, na implementação do modelo computacional, para simular a dinâmica operacional do processo de pintura das cadeiras de uma empresa moveleira.

Os resultados obtidos indicaram que a inclusão da idade do trabalhador, no modelo de simulação, teve impacto no desempenho do sistema. Observou-se, de acordo com a idade do trabalhador, uma redução no número de cadeiras pintadas em todas as etapas do sistema em estudo. Para o estudo de caso, o desempenho do empregado, no processo de tingimento, foi o mais afetado dentro da faixa etária estudada.

A aplicação da simulação computacional gerou um conhecimento adicional sobre o processo para todos os envolvidos e permitiu a identificação de oportunidades para melhorar o processo de pintura de cadeiras da indústria moveleira.

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. 21-25, 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. 10-15, 2013.

BANKS, J. **Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications, and practice**. New York: John Wiley & Sons, 2007.

- CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria & aplicações**. São Paulo: Brazilian Books, 2007.
- FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas com aplicações em Arena**. Florianópolis: Visual Books, 2008.
- GASPARIN, E.; SANTOS, J. A. A. Análise comparativa entre softwares de simulação discreta: um estudo de caso em uma indústria moveleira. **Revista fsa**, n. 3, p. 149-161, 2018.
- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 2008.
- KING, D. H.; HARRISON, H. S. Introduction to the free open-source simulation software jaa, msim. In: Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference, WSC '14, **Anais...** Savannah, 2014.
- MARIN, T.; TOMI, G. F. C. Modelagem de dados de entrada para simulação estocástica del lavra. **Revista Escola de Minas**, v. 60, p. 559-562. 2010.
- MONTEVECHI, J. A. B.; PAIVA, C. N. A relevância do fator humano em simulação computacional. In: XII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais. SIMPOI, **Anais...** São Paulo, 2009.
- MORROCO, J. **Análise estatística de dados – com utilização do SPSS**. Lisboa. Sílabo, 2003
- PRADO, D. **Usando o ARENA em simulação**. v.3, 4ed. Nova Lima: INDG - Tecnologia e Serviços LTDA, 2010.
- SANTOS, J. A. A.; MONTEIRO, C. I.; SHIOYA, H. M.; SOUZA, R. C.; FERRÃO, S. R. Modelagem, simulação e otimização da dinâmica operacional do processo de fabricação de placas de sinalização. **GEINTEC**, vol. 4, p. 692-703, 2014.
- SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. In: Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference, **Anais...** Huntington Beach, 2011.
- STIPP, M. S. Cluster Industrial: **O Pólo moveleiro de Votuporanga-SP (1962-2001)**. Araraquara, 2002. Dissertação (Mestrado), FCL - UNESP.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2001.