

Análise e simulação de um sistema de produção de calças sociais: um estudo de caso utilizando um simulador de código livre

Alencar Servat (UTFPR) alencar.servat@gmail.com
Fabiana Costa de Araujo Schutz (UTFPR) fabianaschutz@utfpr.edu.br
André Eduardo Menegasso (UTFPR) emenegasso@gmail.com
José Airton Azevedo dos Santos (UTFPR) airton@utfpr.edu.br
Carla Adriana Pizarro Schmidt (UTFPR) carlaschmidt@utfpr.edu.br

Resumo:

As empresas da área de confecção estão cada vez mais empenhadas na melhoria contínua dos seus processos produtivos. Buscando qualidade, menor prazo de entrega, redução de custos e maior satisfação dos clientes. Atendendo a necessidade de melhorar o processo de produção nesta área, o trabalho aqui desenvolvido teve como objetivo analisar por meio de técnicas de simulação computacional o processo de produção de calças sociais masculinas em uma empresa de confecção. A metodologia utilizada é a de modelagem através de simulação computacional, de caráter quantitativo foi caracterizada como participativa. Um modelo do tipo dinâmico, discreto e estocástico foi implementado no software de simulação JAAMSIM, que é distribuído sob licença livre. A aplicação de simulação computacional permitiu identificar a principal restrição do processo de produção de calças.

Palavras chave: JAAMSIM, Simulação, Produção de calças.

Analysis and simulation of a production system of social pants: a case study using a free open source simulator

Abstract

The companies in clothing area are increasingly engaged in the continuous improvement of its productive processes. Seeking quality, shorter delivery times, reduced cost and more satisfaction to its clients. Given the need to improve the production process in this area, the work developed here aims to analyze through techniques of computer simulation the production process of social pants in a confection firm. The methodology used was the modeling through computer simulation of quantitative character and was characterized as participative. A stochastic, discrete and dynamics model was implemented in the JAAMSIM simulation software, which is distributed under a free license. The application of computational simulation allowed identify the constraint main of the process of pants production.

Key-words: JAAMSIM, Simulation, Pants production.

1. Introdução

A indústria da confecção, no século XVIII, marcou definitivamente o início da revolução industrial, com a invenção do tear mecânico, acelerando a busca de conhecimento técnico e científico, que culminou nos tempos modernos (FIEP, 2009).

Segundo Costa (2011), o ramo da confecção é formado por dezessete grupos: Linha Praia, Infante Juvenil e Bebê, Roupas Profissionais, Uniformes Escolares, Camisas, Malharia,

Roupas Sociais Masculinas, Malharia Retilínea, *Jeans Sportwear*, *Surfwear*, Roupas Íntimas Masculina e Feminina, Meias, Bordados, Lingerie Dia, Lingerie Noite e Moda Boutique.

Existem empresas que atuam em mais de um segmento, enquanto outras se especializam em determinado segmento. Neste trabalho o foco está relacionado ao segmento de confecção de roupas sociais masculinas, mais especificamente de calças sociais.

Segundo Banks (2009), simulação é uma técnica que utiliza um modelo que descreve a operação de um sistema. Por meio da simulação do modelo pode-se entender a dinâmica operacional do sistema e prever os efeitos de modificações realizadas neste sistema. O modelo deve ser simples mas fiel ao sistema em estudo. Clientes esperando serviços, modelagem de sistemas de produção, gestão de peças em estoques e combate militar são exemplos de domínios típicos da simulação de eventos discretos (KELTON et al., 2014; FREITAS FILHO, 2008).

Ferramentas de simulação podem ser implementadas de várias maneiras. Algumas são implementadas em linguagens de programação de propósito geral, tais como: Fortran, C, Java, etc. Outras utilizam linguagens de programação especializadas como Gpss, Siman, Simscript, etc (ALVES et al., 2014). Observa-se que as linguagens especializadas utilizam bibliotecas de macro comandos das linguagens de propósitos gerais. Alguns dos simuladores atuais, como por exemplo o software Arena®, implementado na linguagem Siman, foram desenvolvidos por meio destas linguagens especializadas (SARTOR et al., 2014).

Dentre os pacotes de simuladores pesquisados, para realizar a simulação do processo de produção da confecção, optou-se por utilizar o software JAAMSIM, da *Ausenco Engineering*, por ser um software distribuído sob licença livre. O software foi escrito na linguagem de programação Java e é destinado a profissionais, pesquisadores e estudantes. Possui uma interface gráfica moderna comparável a interface dos softwares comerciais (KING, 2013).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo analisar por meio de técnicas de simulação computacional o processo de produção de calças sociais masculinas em uma empresa de confecção.

2. Metodologia

A indústria em estudo, localizada no Estado do Paraná, atua no ramo de confecção de vestuário masculino desde 2005. Possui uma área fabril total de aproximadamente 2051,50 m². Confecciona blazers, jaquetas, calças, paletós, coletes, smokins e sobretudos destinados ao público masculino (RICCI, 2013).

Atualmente a empresa conta com aproximadamente 140 funcionários, subdivididos em: responsáveis pela costura, responsáveis pela passadoria, responsáveis pelo corte, auxiliares da produção, encarregados de serviços gerais (caldeira e zeladores), encarregadas da produção e funcionários do setor administrativo. A indústria possui 66 máquinas de costura e 25 máquinas de passadoria.

O processo de Produção de Calças Sociais:

Nesta seção apresenta-se, de forma simplificada, a descrição do processo de produção de calças sociais.

Inicialmente, as partes das calças (bolsos e pernas), são identificadas e separadas em lotes de 15 peças. Depois de identificadas as peças, os lotes são encaminhados aos Setores de Montagem e Junção. A montagem e a junção correspondem à fase mais complexa da

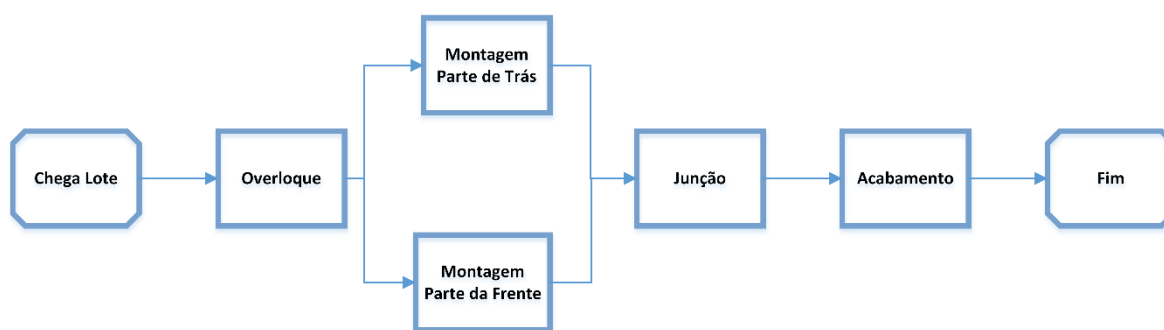
produção (Figura 1). Trata-se do manuseio das máquinas (costura, overlock, etc.) pelas costureiras que vão confeccionar as calças. Nestes setores é onde há o maior número de colaboradores, trata-se de um trabalho quase artesanal, onde as partes são transformadas em calças sociais. Na montagem tem-se os seguintes processos: Overloque, Montagem da Parte da Frente (montar bolsos, colocar zíper, etc.) e Montagem da Parte de Trás (fazer pinchau, montar bolsos, fazer caseado do bolso, refilar, etc). Na sequência as peças são enviadas para o Setor de Junção. Na junção fecha-se as laterais e o meio das pernas das calças.

Para concluir o processo produtivo a peça é encaminhada para o Setor de Acabamento, que abrange desde a limpeza, prega de botões, prega de gancho, passadoria até a embalagem. Na Figura 2 apresenta-se o fluxograma do processo em estudo.



Fonte: O Autor

Figura 1 – Setor de confecção de calças



Fonte: O Autor

Figura 1 – Fluxograma do processo

Coleta de Dados:

Segundo Baumgartner (2013), a coleta de dados é um dos pontos mais importantes do processo de simulação, pois se os dados coletados não forem consistentes, o modelo também não será.

A coleta de dados e informações sobre o sistema estudado foi realizada através de medições

na confecção e com dados históricos da empresa. As medições, realizadas na empresa, foram feitas durante três meses, no período de janeiro a março de 2015.

No planejamento da coleta de dados concluiu-se que seria necessário determinar as seguintes variáveis: Tempos de Overloque (TOQ), Tempos de Produção da Frente da Calça (TFR), Tempos de Produção da Parte Traseira da Calça (TTR), Tempos de junção da Parte da Frente com a Parte Traseira (TJU) e Tempos de Acabamento (TA).

O 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. 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.

Número de Replicações:

Neste trabalho, o número de replicações (n^*) foi obtido através da Equação (1) (MONTGOMERY, 2005):

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

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

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 (2) (MARRÔCO, 2007):

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

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.

Validação do Modelo:

Durante a verificação e validação do modelo foi seguida a orientação metodológica proposta por Sargent (2012). Destacando, neste caso, a consistência dos dados com as pessoas familiarizadas com o processo, no caso o gerente de produção e os funcionários da linha de produção de calça sociais (MARIM; TOMI, 2010).

Na execução do procedimento de validação, para o sistema em estudo, utilizou-se também o erro médio estimado (Equação 3) (MONTGOMERY, 2005):

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

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.

3. Resultados e discussão

Tratamento dos dados para simulação:

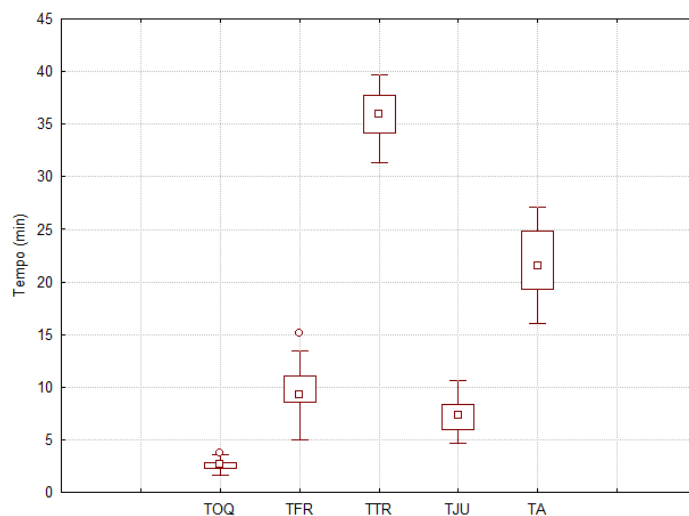
Foi realizada uma avaliação descritiva dos dados coletados na empresa de confecção no software Statistica® versão 11 (Tabela 1).

Parâmetro analisado	TOQ	TFR	TTR	TJU	TA
Pontos	30	30	30	30	30
Mínimo (min)	1,1	5	31,3	4,67	16
Máximo (min)	3,76	15	39,67	10,67	27,1
Média (min)	2,63	9,52	35,77	7,31	21,98
Mediana (min)	2,71	9,33	39,96	7,33	21,5
1 Quartil (Q ¹) (min)	2,24	8,53	34,13	6	19,3
3 Quartil (Q ³) (min)	2,82	11,07	37,73	8,4	24,8
Desvio Padrão (min)	0,49	2,28	2,38	1,61	3,1
Coefficiente de Variação (%)	18,52	23,9	6,7	22	14,1

Fonte: O Autor

Tabela 1 – Análise de dados

Após realizar a análise exploratória, os dados foram plotados em forma de *boxplots* (Figura 3), para uma análise preliminar do comportamento das observações. A seguir, aplicou-se uma técnica de 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. Portanto, para identificação desses valores aplicou-se a técnica apresentada na Tabela 2 (CHWIF; MEDINA, 2007). Os *outliers* considerados como extremos só foram descartados, das amostras, depois de uma análise criteriosa de suas causas. Os valores julgados como possíveis de ocorrer foram mantidos nas amostras.



Fonte: O Autor

Figura 3 – Boxplots

Outliers
$A=Q^3-Q^1$
Valor $< Q^1-1,5A$ - Outlier Moderado
Valor $> Q^3+1,5A$ - Outlier Moderado
Valor $< Q^1-3,0A$ - Outlier Extremo
Valor $> Q^3+3,0A$ - Outlier Extremo

Fonte: Chwif; Medina, (2007)

Tabela 2 – Identificação de outliers

Onde Q^1 e Q^3 são, respectivamente, os valores do primeiro e terceiro quartis, assim a amplitude entre inter-quartil “A” é calculada pela diferença: $A=Q^3-Q^1$.

Na sequência, determinaram-se as distribuições de probabilidade que melhor representem o comportamento do sistema. Como os *p-values* dos testes de aderência: teste Chi Square e do teste Kolmogorov-Smirnov são maiores que o nível de significância adotado (0,1) (CHWIF; MEDINA, 2007), concluiu-se que as distribuições, apresentadas na Tabela 3, são as expressões que melhor se adaptaram aos dados coletados no sistema.

Itens	Distribuição (h)
TOQ	1+GAMM(0.148 , 11)
TFR	5+WEIB(5.25 , 2.3)
TTR	31+WEIB(5.34,2.06)
TJU	4+WEIB(3.75,2.24)
TA	16+WEIB(3.75,2.24)

Fonte: O Autor

Tabela 3 – Distribuição de probabilidades

Validação:

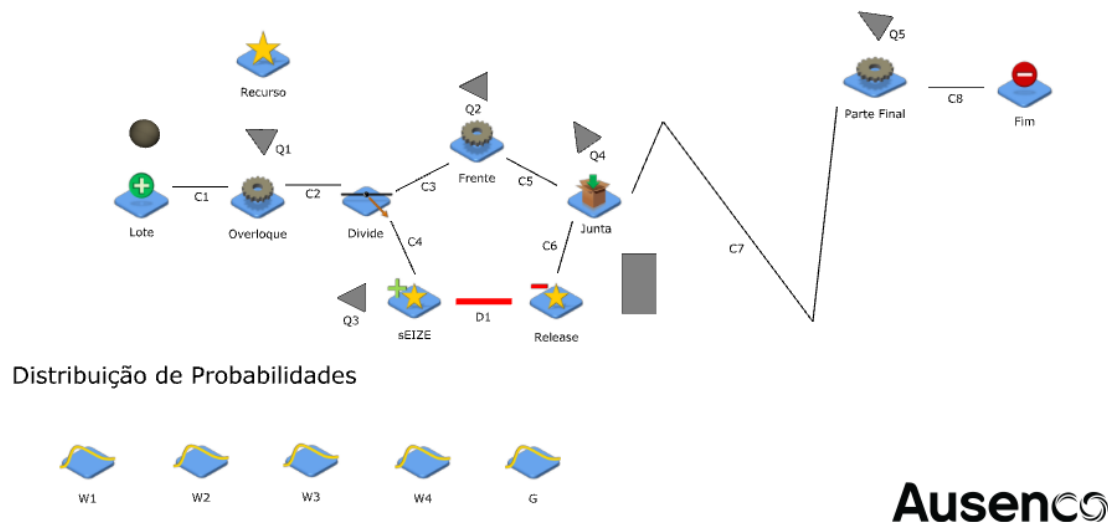
Inicialmente, validou-se o modelo computacional (Figura 4) por meio da técnica face a face, onde o modelo foi executado para os funcionários da confecção que o consideraram correto. Na sequência realizou-se uma comparação (Tabela 4) entre a média obtida do sistema real com a média gerada pelo modelo para a variável Número de Calças Produzidas em um turno de trabalho (NCP). Nesta tabela apresenta-se o erro médio estimado (SE, em decimal).

Número de Calças Produzidas - NCP		
Sistema Real	Modelo Computacional	SE
191,28	186,7	0,36

Fonte: O Autor

Tabela 4 – Dados do sistema real e do modelo

Produção de Calças Sociais



Fonte: O Autor

Figura 4 – Modelo de Simulação –JAAMSIM

Simulação:

Observou-se durante o processo de simulação, do cenário atual da linha de produção de calças sociais, que o “gargalo” principal, do sistema em estudo, está no processo produção da parte de trás das calças (Tabela 5). Este processo conta com 4 máquinas de costura. Tem-se um tempo médio de espera na fila, dos lotes de 15 calças, de 3,85 horas. Esse resultado foi obtido após 36 replicações. Observou-se, *in loco*, que 2 destas máquinas atendem também diariamente o processo de fabricação do paletó.

Processo	Tempo (h)
Overloque	0,305
Montagem - Parte da Frente	0,817
Montagem - Parte de Trás	3,85
Junção	0,152
Acabamento	0,302

Fonte: O Autor

Tabela 5 – Tempo médio de espera na fila

4. Considerações finais

Neste trabalho apresentaram-se as metodologias utilizadas para analisar o processo de produção de calças sociais em uma pequena confecção localizada na região oeste paranaense.

Analisando-se os dados coletados e analisados por meio de simulação computacional, concluiu-se, que o principal “gargalo” do sistema está no processo de produção da parte de trás das calças, que apresenta um tempo médio de espera dos lotes de 3,85 horas. Constatou-se, que 2 máquinas de costura deste processo atendiam também o processo de confecção de paletós, contribuindo para variabilidade do número de calças produzidas em um turno de trabalho. Recomendou-se, ao gerente de produção da empresa, a aquisição de uma máquina de costura para atender o processo de confecção de paletós.

Cabe ressaltar que o trabalho desenvolvido não analisou a viabilidade econômica envolvida na separação dos processos de produção de calças e paletós, dessa forma um trabalho futuro poderia vir a explorar essa lacuna.

O assunto não se esgota, com a realização deste trabalho, devendo avançar, a partir do desenvolvimento de um estudo relativo ao comportamento da restrição no sistema. Uma vez que ocorre uma melhoria no “gargalo”, as restrições podem mudar de lugar no sistema. Portanto, deve-se monitorar o processo para assegurar que as melhorias se mantenham e para também detectar oportunidades adicionais de melhorias.

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.
- BANKS, J. *Discrete event system simulation*. New Jersey: Prentice Hall, 2009.
- 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.
- COSTA, G. M. *Relações de trabalho na indústria de confecção no Oeste do Paraná: um estudo de caso a partir da fábrica fidelitá em Marechal Cândido Rondon-PR*. Dissertação de Mestrado. UNIOESTE, 2011.
- 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.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO PARANÁ (FIEP). *Indústria do Vestuário do Paraná*. Curitiba set., 2008. Disponível em <http://www.fiepr.org.br/fiepr/analise/panrama/vestu%C3%A1rio.pdf>. Acesso em 23 out. 2009.
- KELTON, W. D.; SADOWSKI, R.; ZUPICK, N. *Simulation with arena*. New York: McGraw-Hill, 2014.
- KING, D. H. *Open source simulation software 'JAASIM'*. In: Proceedings of the Winter Simulation Conference.

Proceedings..., Washington - DC, 2013.

MARIN, T.; TOMI, G. F. C. *Modelagem de dados de entrada para simulação estocástica del lavra*. Revista Escola de Minas, v. 60, p. 559-62. 2010.

MONTGOMERY, D. C. *Design and Analysis of Experiments*. New York: Wiley, 2005.

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

PRADO, D. *Usando o ARENA em simulação*.v.3, 4ed. Nova Lima: INDG - Tecnologia e Serviços LTDA, 2010.

RICCI, M. R. *Sistema Toyota de produção: um estudo na linha de produção em uma indústria de ternos*. Trabalho de Conclusão de Curso. UTFPR, 2013.

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

SARTOR, 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.