

SIMULAÇÃO E ANÁLISE DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE CONFECÇÃO

Rafael Bortoluzzi, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - E-mail: rafaelbortoluzzi_182@hotmail.com
José Airton Azevedo dos Santos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - E-mail: airton@utfpr.edu.br
Carla Adriana Pizarro Schmid, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - E-mail: carlaschmidt@utfpr.edu.br

Resumo: Atualmente uma das principais preocupações das organizações é a melhoria dos processos produtivos. Para manterem-se no mercado precisam ser competitivas e devem melhorar permanentemente seus processos. Tendo em conta essa necessidade, este trabalho teve como objetivo analisar, através de técnicas de simulação computacional, o processo de produção de uma pequena indústria de confecção localizada na região oeste do Paraná. A metodologia utilizada é a de modelagem através de simulação computacional, de caráter quantitativo e caracterizada como participativa. Um modelo do tipo dinâmico, discreto e estocástico foi implementado no software de simulação Arena®. A partir deste uma variação no modelo foi realizada para estudar uma configuração com duas máquinas de costura. Os resultados obtidos de simulação demonstraram que a utilização, no processo de produção, de mais uma máquina de costura apresentou um acréscimo de 100 calças em relação ao cenário atual.

Palavras-chave: Arena®; simulação; Indústria de confecção.

SIMULATION AND ANALYSIS OF PRODUCTION PROCESS OF AN INDUSTRY OF CLOTHING

Abstract: There are currently a major concern of organizations is the improvement of production processes. To remain in the market must be competitive and constantly improve their processes. Given this need, this work aims to analyze by means of computer simulation techniques, the production process of a small clothing industry located in west region of Paraná. The methodology used was the modeling through computer simulation of quantitative character and it is characterized as participative. A model of the dynamic type, discrete and stochastic been implemented in simulation software Arena®. As a variation on this model study was performed to a configuration with two sewing machines. The simulation results showed that the use in the production process of another sewing machine presented an increase of 100 pants compared to the current scenario.

Keywords: Arena®; simulation model; industry clothing.

1. INTRODUÇÃO

A indústria de confecção, por exigir pouco nível tecnológico e pequeno investimento de capital, é um dos setores que mais cedo se desenvolveu no País. Esta indústria tem uma participação significativa no crescimento econômico e no desenvolvimento do País, sendo responsável por 9% dos empregos da indústria de transformação nacional e ocupa um dos primeiros lugares na economia mundial com 14% dos empregos. Somente no Paraná esse ramo emprega 11,38% do total de empregados do segmento nacional (FIEP, 2009).

Nesse contexto está a Região Oeste Paranaense, área de estudo desta pesquisa, onde a indústria da confecção foi uma das primeiras a se desenvolver e tornou-se um importante setor para o desenvolvimento econômico da região.

No Estado do Paraná os núcleos industriais de confecções são concentrados regionalmente. Segundo Costa (2011) as regiões especializadas no setor têxtil – confecções são:

- a) Na área têxtil de algodão: Cornélio Procópio – Bandeirantes e Campo Mourão – Goioerê;

- b) Na área têxtil de rami, seda e outras fibras as regiões de Cornélio Procópio – Bandeirantes e Londrina – Cambé em menor grau;
- c) A produção de malhas, linhas e tapeçaria é representativa em três regiões: Londrina – Cambé, Apucarana – Ivaiporã e Maringá – Sarandi;
- d) Seis regiões destacam-se na produção de vestuário e acessórios: Londrina – Cambé, Apucarana – Ivaiporã, Maringá – Sarandi, Umuarama – Cianorte, estas quatro são identificadas como “Corredor da Moda” da Região Norte-Noroeste do Estado;
- e) As regiões de Francisco Beltrão – Pato Branco (Região Sudoeste do Estado) e Toledo – Marechal Cândido Rondon (Região Oeste do Estado), além das aglomerações municipais de moda bebê de Terra Roxa e de malhas de Imbutiva.

As indústrias de confecções participam de um mercado bastante dinâmico e competitivo. Portanto, a eficiência é um fator extremamente importante para a sobrevivência dessas indústrias. Assim, é preciso que o processo produtivo seja organizado de modo que as perdas sejam mínimas, tanto de tempo como de produto. Para obter este resultado, diversas técnicas, ferramentas e instrumentos são disponibilizados aos dirigentes desses processos, muitos deles envolvem a tecnologia de gestão da informação. No entanto, qualquer processo de mudança precisa ser precedido de uma avaliação técnica que avalie as vantagens ou problemas que poderão decorrer. Muitas dessas avaliações são realizadas mediante o uso de softwares de simulação.

Segundo Banks (1998), 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. É uma representação próxima da realidade, e será tanto mais real quanto mais características significativas do sistema seja capaz de representar. Por outro lado, o modelo deve ser simples, de forma que não se torne demasiado complexo para se construir, mas ao mesmo tempo o modelo deve ser o mais fiel possível ao sistema real (RYAN; HEAVEY, 2006).

Inicialmente, os sistemas de simulação foram desenvolvidos sobre linguagens de programação de propósito geral, tais como: Fortran, Basic, Pascal, etc. Porém, isso exigia um grande esforço para construção de modelos, além de profissionais com conhecimentos profundos de programação de computadores. Diante dessa dificuldade é que começaram a surgir linguagens de programação dedicadas à simulação que superassem essa barreira. É o caso, por exemplo, das linguagens Gpss, Siman, Slam, Simscript, etc. Tais linguagens eram, na verdade, bibliotecas formadas por conjuntos de macro comandos das linguagens de propósitos gerais. Alguns dos simuladores da geração seguinte foram desenvolvidos sobre a plataforma dessas linguagens. Como exemplo tem-se o software Arena®, implementado na linguagem Siman (LAW; KELTON, 2000).

Dentre os pacotes de simuladores pesquisados, para realizar a simulação do processo de produção da confecção, optou-se por utilizar, neste trabalho, o software Arena® da Rockwell Software Corporation por ser um dos softwares de simulação discreta mais utilizado no mundo empresarial e acadêmico.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo analisar através de técnicas de simulação computacional o processo de produção de uma pequena indústria de confecção localizada na região oeste do Paraná.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O método de pesquisa utilizado foi o estudo de caso. Este método apresenta como vantagens a manutenção das características principais de eventos da vida real e a garantia de preservação de uma visão holística do problema estudado (YIN, 2001).

A classificação quanto ao tipo de pesquisa pode ser subdividida de diversas formas, nesse estudo a natureza da pesquisa pode ser dita como aplicada, os objetivos como descritivos e à forma de abordar o problema pode ser considerada como quantitativa. Com base nos procedimentos técnicos pode-se descrever a pesquisa como operacional onde se aplicará principalmente a modelagem e simulação ao processo.

A empresa, objeto deste estudo, localiza-se em Pato Bragado – PR, é uma empresa de pequeno porte, com cerca de 60 empregados. Dedicar-se exclusivamente a costura e acabamentos de calças de jeans.

Neste trabalho a simulação da dinâmica operacional do processo de produção de calças de jeans foi realizada com o software Arena®, e os resultados analisados nas ferramentas *Output Analyzer* e *Process Analyzer*.

Processo de Produção:

Nesta seção apresenta-se, de forma simplificada, a descrição do processo de produção da empresa de confecção.

Antes de entrarem na linha de montagem as partes das calças de jeans (bolsos e pernas), são carimbadas e separadas em lotes de 10 peças. A identificação (número) das peças do lote é realizada através de carimbo. Operação extremamente importante para assegurar que as partes a ser juntas sejam uniformes em: cor e tonalidade, propriedades do material e tamanho.

Os lotes de 10 peças são encaminhados ao Setor de Montagem. A montagem ou linha de produção é onde há o maior número de colaboradores, trata-se de um trabalho quase artesanal, onde as partes são transformadas em peças de vestuário. A seguir, os lotes são enviados ao setor de acabamento. Faz parte das atividades de acabamento: tirar fios, passamento, consertos, etc. Finalmente, os lotes são enviados para a lavanderia.

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

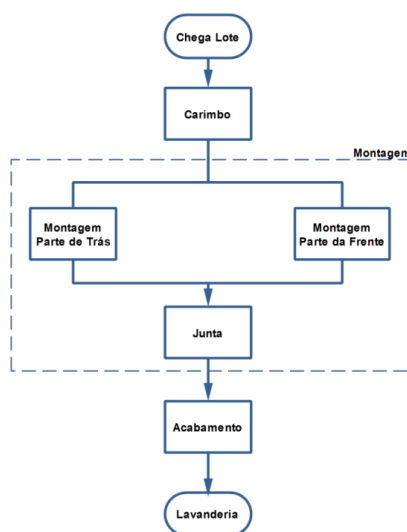


Figura 1 – Fluxograma do sistema (Fonte: O Autor, 2013).

Neste trabalho o sistema simulado compreende os Setores de Montagem e Acabamento. O Setor de Acabamento conta com 15 funcionários. O Setor de Montagem é dividido nas seções apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Divisão do setor de montagem e quantidade de funcionários.

Parte da Montagem	Seção	Número de Funcionários
Parte de Trás	Montagem do Bolso Traseiro	4
	Colocação do Bolso Traseiro	1
	Junção das Partes Traseira das calças	1
Parte da Frente	Colocação do Bolso da Frente	5
	Junção das Partes da Frente	15
Junta	Junção das Partes da Frente e de Trás das calças	3

A Coleta de Dados:

Segundo Freitas Filho (2008), 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.

Os dados foram obtidos através de medições realizadas na confecção e de dados históricos da empresa. As medições, realizadas na empresa, foram feitas durante dois meses, no período de maio a junho de 2013.

No planejamento da coleta de dados concluiu-se que seria necessário determinar as seguintes variáveis: Tempos de Montagem do Bolso Traseiro (TBTR); Tempos de Colocação do Bolso Traseiro (TCBT); Tempos de Junção das Partes Traseira das calças (TJPT); Tempos de Colocação do Bolso da Frente (TCBF); Tempos de Junção das Partes da Frente das calças (TJPF); Tempos de Junção das Partes da Frente e de Trás das calças (TJFT) e Tempos de Acabamentos (TACB).

Os dados, coletados na empresa, foram analisados com a ferramenta *Input analyzer* (analisador de dados de entrada) do software Arena®. Segundo Prado (2010) esta ferramenta permite analisar dados reais do funcionamento do processo e escolher a melhor distribuição estatística que se aplica a eles.

Na seção seguinte serão detalhados os dados coletados e o tratamento dado a eles visando garantir a sua consistência para utilização no modelo.

Número de Replicações:

Neste trabalho, o número de replicações (n^*) foi obtido através da Eq. (1):

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

Onde:

n: número de replicações já realizadas;

h: semi-intervalo de confiança já obtido; e

h*: semi-intervalo de confiança desejado.

Validação do Modelo:

Segundo Sargent (1998), o processo de validação do sistema é uma etapa fundamental, pois é ele que determina se o modelo proposto detém precisão suficiente para representar o sistema real. Desta forma se o modelo não é uma aproximação bastante próxima do sistema real, todas as conclusões derivadas deste estarão susceptíveis a erros e poderão resultar em decisões incorretas. Sendo assim a validação pode e deve ser feita para todos os modelos, independentemente do sistema modelado (FERNANDES *et al.*, 2006).

Na execução do procedimento de validação, para o sistema em estudo, utilizou-se o erro médio estimado (Eq. 2) (MONTGOMERY, 2005):

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

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.

Tamanho da Amostra:

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

$$n_A = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \times S}{E} \right)^2 \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

n_A : número de indivíduos da amostra;

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

S: desvio padrão;

E: erro máximo estimado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tratamento de dados:

Foi realizada uma avaliação descritiva completa dos dados coletados na confecção no software Statistica® versão 10. A Tabela 1 apresenta a avaliação dos dados coletados no sistema.

Tabela 1 – Análise dos dados.

Parâmetro analisado	TBTR	TCBT	TJPT	TCBF	TJPF	TJFT	TACB
Pontos	30	30	30	30	30	30	30
Média	198,7 s	229,1 s	270,4 s	788,4 s	1315,4 s	1272,6 s	1589,8 s
Mediana	198,5 s	222,5 s	268,5 s	783 s	1311 s	1289 s	1568,5 s
Mínimo	182 s	198 s	235 s	719 s	1224 s	1210 s	1524 s
Máximo	227 s	275 s	321 s	869 s	1389 s	1354 s	1711 s
1 Quartil (Q ¹)	190 s	213 s	259 s	758 s	1292 s	1238 s	1534 s
3 Quartil (Q ³)	207 s	245 s	284 s	823 s	1359 s	1299 s	1632 s
Desvio Padrão	10,9 s	23,4 s	19,8 s	39,1 s	50,26 s	39,8 s	57,8 s
Coefficiente de Variação	5,5 %	10,2 %	7,3 %	4,9 %	3,8 %	3,13 %	3,6 %

Após realizar a análise exploratória, os dados foram plotados em forma de *boxplots* (Figura 2), 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 no Quadro 2 (CHIFF; 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.

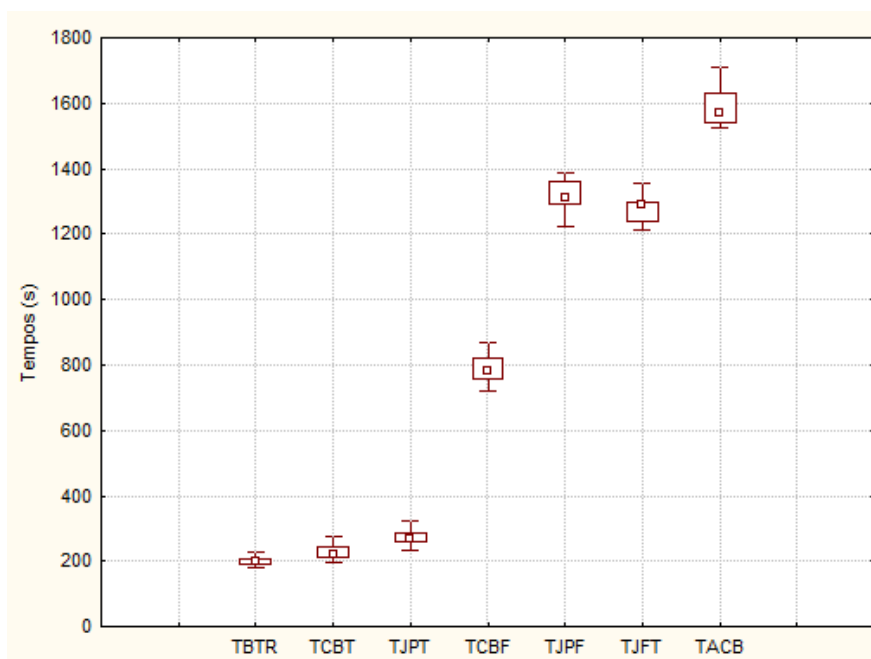


Figura 2 – Boxplots (Fonte: O Autor, 2013).

Quadro 2 – Identificação de outliers.

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

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: $A=Q^3-Q^1$.

Após a utilização da técnica de identificação dos outliers, o passo seguinte foi à análise de correlação entre os dados, ou seja, verificar se há dependência entre os valores. Na Figura 3 é apresentado, como exemplo, o gráfico de dispersão dos Tempos de Colocação do Bolso Traseiro - TCBT. Nesta figura pode-se observar que não há correlação entre as observações das amostras.

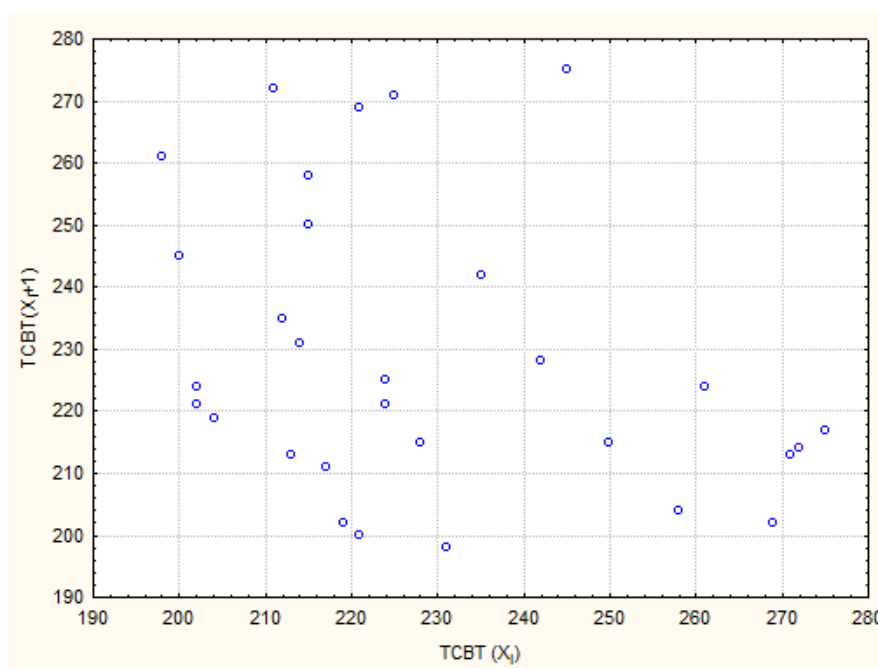


Figura 3 – Análise de dispersão – TCBT (Fonte: O Autor, 2013).

Após a análise dos dados cronometrados no sistema, através de técnicas estatísticas (MARIN; TOMI, 2010), o passo seguinte foi determinar as curvas de distribuição teórica de probabilidades que melhor representem o comportamento estocástico do sistema em estudo, através da ferramenta *Input Analyzer* do *Arena®*. Como os *p-values* encontrados nos testes de aderência: teste Chi Square e do teste Kolmogorov-Smirnof são maiores que o nível de significância adotado (0,1) (CHIWF; 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 - Distribuição de probabilidades.

Itens	Distribuição (s)
TBTR	182 + 46 * BETA(1.18, 1.97)
TCBT	198 + WEIB(34, 1.29)
TJPT	POIS(270)
TCBF	719 + 150 * BETA(1.23, 1.43)
TJPF	1.22e+003 + 165 * BETA(0.921, 0.742)
TJFT	1.21e+003 + 144 * BETA(0.959, 1.25)
TACB	1.52e+003 + EXPO(65.9)

Validação do Modelo Implementado:

Inicialmente, a validação do modelo computacional foi realizada 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 3 – Figura 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).

Tabela 3 - Dados do sistema real e do modelo.

Número de Calças Produzidas - NCP		
Sistema Real	Modelo Computacional	SE
1000±100	970±10	7,7

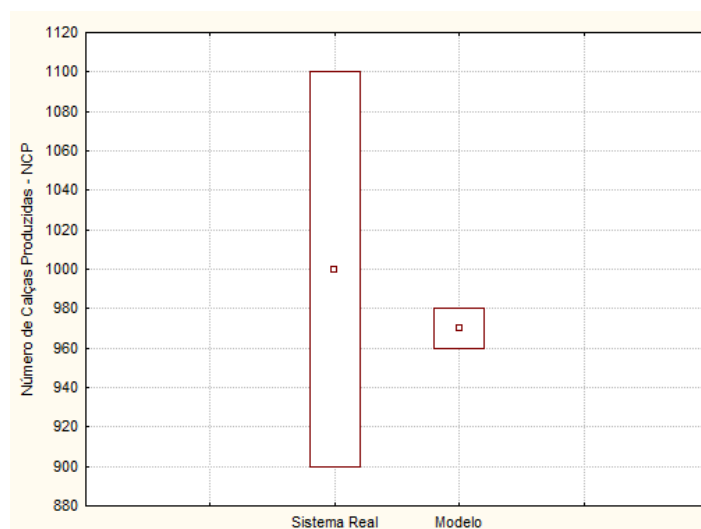


Figura 4– Gráfico comparativo – Sistema Real x Modelo (Fonte: O Autor, 2013).

De acordo com as discussões apresentadas acima, no que se refere à variável Número de Calças Produzidas em um turno de trabalho, pode-se considerar que o modelo computacional implementado aplica-se de forma adequada.

Simulação computacional:

Uma vez validado o modelo computacional (Figura 5) pode-se passar, segundo o método de pesquisa, para a etapa de análise.

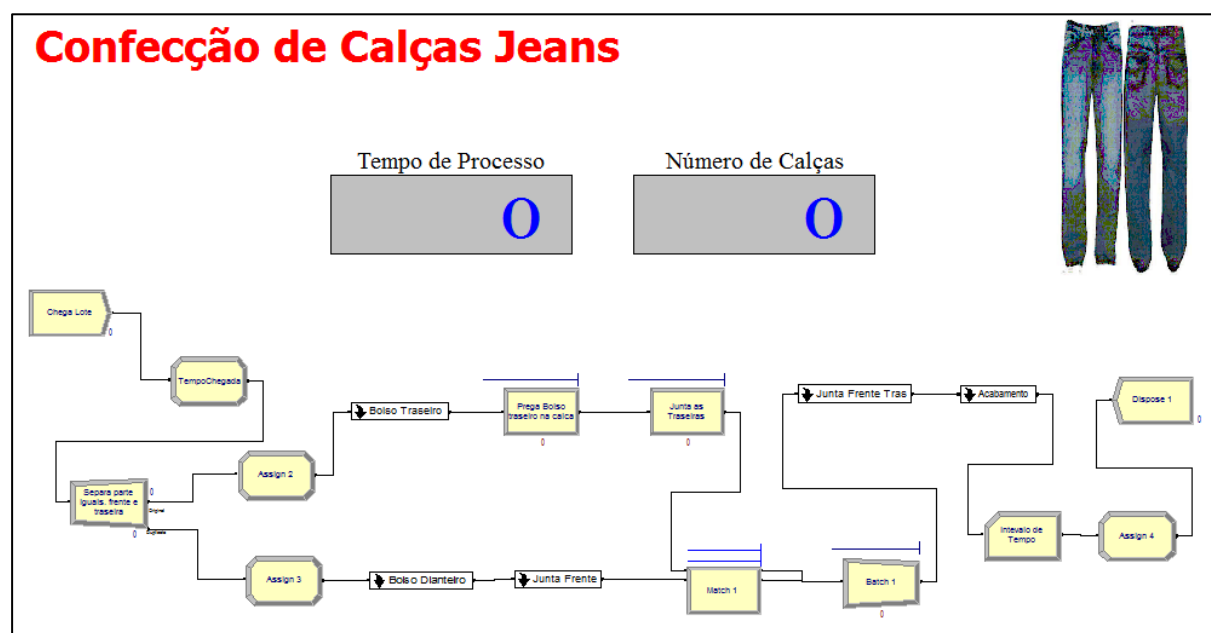


Figura 5 – Modelo computacional (Fonte: O Autor, 2013).

Nessa etapa o modelo computacional, agora denominado operacional, passa a trabalhar para o modelador com o intuito de responder aos objetivos do projeto de simulação.

Gargalo é qualquer obstáculo no sistema produtivo que restringe e determina seu desempenho e a sua capacidade de obter uma maior rentabilidade (DA ROCHA, 2012). Em um processo produtivo gargalo é a etapa de menor capacidade produtiva e que impede a empresa de atender plenamente a demanda por seus produtos. Ordeno (2011) identificou o processo de costura como o gargalo do processo de produção de calças jeans em uma confecção no agreste pernambucano. Sugeriu como alternativa para eliminação do gargalo a duplicação da capacidade da unidade de costura. Observou-se durante o processo de coleta de dados e de entrevistas com funcionários da empresa que o gargalo principal, do sistema em estudo, está no processo de Colocação do Bolso Traseiro das calças.

Para analisar este processo, são propostos dois cenários com o objetivo de observar a resposta do sistema a partir de alterações no número de máquinas de costura do setor. O indicador de desempenho utilizado é o número de calças produzidas em um turno de trabalho.

- Cenário 1: Processo de Colocação do Bolso Traseiro com 1 máquina de costura (Cenário Atual);
- Cenário 2: Processo de Colocação do Bolso Traseiro com 2 máquinas de costura.

Na Tabela 4 apresentam-se os resultados obtidos da simulação do sistema, para os dois cenários. Observa-se que os resultados foram obtidos após 15 replicações. Este número de replicações foi definido com nível de confiança de 95% utilizando a ferramenta *Output Analyzer* do *Arena*®.

Tabela 4 - Resultados de simulação dos cenários 1 e 2.

Cenário	Máquinas de Costura	Número de Calças Produzidas
1	1	970
2	2	1070

O melhor resultado obtido de simulação (cenário 2) apresenta um acréscimo em relação ao cenário atual de 100 calças, o que em termos financeiros representa um ganho mensal de:

$$6,5 \text{ (R\$/calça)} \times 100 \text{ (calças)} \times 22 \text{ (dias)} = \text{R\$ } 14.300,00$$

Na Tabela 5 apresenta-se o custo da contratação de uma costureira.

Tabela 5 - Custo com mão de obra.

SALÁRIOS	%	COSTUREIRA (R\$)
Salário Bruto		770
Sub Total		770
Provisão de Férias	8,33	64,14
Provisão de 13 ^o Salário	8,33	64,14
1/3 Férias	2,78	21,41
Sub Total		919,69
Previsões	7%	64,38
Previdência Social		
FGTS	8%	73,57
Total		1057,64
N ^o de Funcionários		1
Custo Total		1057,64

A implementação do cenário 2 tem um custo para a empresa de (Tabela 6):

Tabela 6 – Custos com a implantação do cenário 2.

Itens	Custo (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
Funcionário	1057,00 (Mensal)	1	1057,00
Máquina de Costura	15.000,00	1	15.000,00

Portanto, a empresa pode em dois meses cobrir o custo de aquisição da máquina e obter, na sequência, uma rentabilidade mensal de R\$ 13.243,00.

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho apresentou-se a metodologia utilizada na implementação do modelo computacional usado para simular a dinâmica operacional do processo de produção de calças jeans em uma pequena confecção localizada na região oeste paranaense.

Observou-se, através dos resultados obtidos pela simulação, que a aquisição de mais uma máquina de costura e a contratação de mais um funcionário, para o setor de Colocação do Bolso Traseiro das calças, apresenta um acréscimo de aproximadamente 10% na produção em relação ao cenário atual. Observa-se, também, que esta máquina ocuparia um espaço até então ocioso na empresa. Através do estudo de caso, ficou evidente a oportunidade da confecção de poder aumentar sua produtividade e seu lucro.

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.

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 estudos deste tipo contribuem para a aproximação entre a universidade e as empresas, promovendo o crescimento das pequenas empresas da região.

REFERÊNCIAS

- BANKS, J. *Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications, and Practice*. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C. *Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria & aplicações*. São Paulo: Brazilian Books, 2007.
- 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 Candido Rondon-PR*. Dissertação de Mestrado. UNIOESTE, 2011.
- DÁCOL, M. R. V. *Caderno pedagógico: Abordagens do mosaico no ambiente escolar*. Secretaria de estado da educação Superintendência da Educação Programa de Desenvolvimento Educacional – PDE, Curitiba, 2008.
- DA ROCHA, E. A.; FARIAS, M. M.; SILVA, R. F. *Gargalos no setor produtivo: estudo de caso na indústria de confecções Alpha Jeans*. In: II Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Anais... Ponta Grossa, CONBREPRO, 2012.
- 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.
- FERNANDES, C. A.; SILVA, C. S.; PEREIRA, J. O. YAMAGUCHI, M. M. *Simulação da Dinâmica Operacional de uma Linha Industrial de Abate de Suínos*. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, p. 166-70. 2006.
- FREITAS FILHO, P. J. *Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena*. Florianópolis: Visual Books, 2008.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. *Simulation modeling and analysis*. New York: McGraw- Hill, 2000.

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.

MARROCO, J. *Análise estatística de dados – com utilização do SPSS*. Lisboa: Sílabo, 2003.

ORDENO, T. S. B. Modelagem e simulação de sistemas produtivos da indústria têxtil da região do agreste pernambucano: foco identificação de gargalos. *XXI CONIC*, UFPE, 2011.

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

RYAN, J.; HEAVEY, C. Process modeling for simulation. *Computers in Industry*. v. 57, p. 437-50. 2006.

SARGENT, R. G. *Verification and validation of simulation models*. In: WINTER THE SIMULATION CONFERENCE, 1998, Proceedings... Washington: WSC, p. 20-8, 1998.

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