



ANÁLISE DO PROCESSO DE PRODUÇÃO EM UMA EMPRESA DE CONFECÇÃO SOB O PUNTO DE VISTA DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Agenor Sousa Santos Neto

agenor07@hotmail.com
Pontifícia Universidade Católica de PUC-GO – PUC, Goiás, Goiânia, Brasil

Eduardo Thomé Cunha Sales

eduardoep09@gmail.com
Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC-GO, Goiás, Goiânia, Brasil

Layara de Paula Sousa Santos

layara0912@hotmail.com
Universidade Federal de Goiás – UFG, Goiás, Goiânia, Brasil

Valéria de Sousa Leitão

valeriaeng.amb@gmail.com
Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC-GO, Goiás, Goiânia, Brasil

RESUMO

Uma das principais preocupações das organizações é a melhoria dos processos produtivos. Para se manterem no mercado precisam ser competitivas e devem melhorar permanentemente seus processos. Tendo em vista essa necessidade, este trabalho teve como objetivo analisar, por meio de técnicas de simulação computacional, o processo de produção de uma pequena empresa de confecção localizada na cidade de Aparecida de Goiânia, Goiás. Foi utilizado o software Arena® para avaliar o tempo médio que os sutiãs Skin permaneceram em fila em cada etapa de produção, assim como também foi observado o tempo médio gasto para execução da tarefa em cada estágio. Trata-se de pesquisa científica, quantitativa e qualitativa. Segundo seus objetivos, apresenta caráter descritivo e explicativo, visando aprofundar o conhecimento da realidade, utilizando o estudo de caso para a coleta de dados. Foram criados dois possíveis cenários para a empresa, para efeito de comparação com o cenário atual. Chegou-se a conclusão de que, atualmente, a produção de sutiãs na empresa corre com uma boa fluidez, porém deve-se tomar cuidado com a formação de filas extensas nos setores de corte e preparação.

Palavras-chave: Processos produtivos; Simulação computacional; Empresa de confecção; Software Arena®.



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 Brasil. 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 (FIEP, 2009).

No contexto atual, há grande interesse dos clientes e consumidores por produtos e serviços de empresas que os satisfaçam e atendam as suas exigências e expectativas (Silva et Magalhães, 2005). Uma dessas exigências diz respeito às filas.

O fenômeno de formação de filas já é rotineiro na vida atual; ocorre em diversas aplicações, como uma peça esperando para ser lixada ou polida (na indústria), um avião esperando para decolar, um programa de computador esperando para ser executado, e, é claro, uma fila de seres humanos esperando serviço (Barbosa *et al.*, 2009).

As filas se formam em decorrência do aumento dos consumidores e da incapacidade do sistema em atender a essa demanda. Assim, por meio de técnicas de simulação, busca-se encontrar um ponto de equilíbrio que satisfaça os clientes e seja viável economicamente para o provedor do serviço (Arenales *et al.*, 2007).

Segundo Banks (1998), simulação é uma técnica de solução de um problema que se dá a partir da 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, e 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.

De acordo com Bortuluzzi *et al.* (2014), 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 ocorrer. Muitas dessas avaliações são realizadas mediante o uso de softwares de simulação.

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 utilizados no mundo empresarial e acadêmico.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo analisar, por meio de técnicas de simulação computacional, o processo de produção de uma pequena indústria de confecção de *lingeries* localizada na cidade de Aparecida de Goiânia, Goiás.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Simulação

De acordo com Montevechi *et al.* (2010), simulação diz respeito a importação da realidade para um ambiente controlado, onde o comportamento pode ser estudado sob condições variadas, sem riscos físicos e sem altos custos envolvidos.

O uso da simulação tem sido cada dia mais aceito e empregado como uma técnica que propicia, aos analistas dos mais diversos segmentos, verificar ou encaminhar soluções com a profundidade desejada, para os problemas com os quais se deparam diariamente. A simulação computacional permite que estudos sejam realizados a partir de sistemas que ainda não existem, levando ao desenvolvimento de projetos eficientes antes que qualquer mudança física tenha sido estabelecida (Ryan *et Heavey*, 2006).

Segundo Prado (2009), há duas etapas para o estudo de simulação de sistemas. A primeira diz respeito à construção do modelo pelo analista, que deve fornecer alguns dados e obter outros que sejam similares ao sistema que está sendo estudado. A segunda etapa é estruturada na mudança do modelo, já que, com base nos resultados obtidos, é possível realizar as análises, gerando recomendações e conclusões.

Andrade (2009) lista alguns dos benefícios que justificam o uso da simulação, entre eles:

- a) Previsão de resultados na execução de uma determinada ação;
- b) Redução de riscos na tomada de decisão;



- c) Identificação de problemas antes mesmo de suas ocorrências;
- d) Eliminação de procedimentos em arranjos industriais que não agregam valor à produção;
- e) Realização de análises de sensibilidade;
- f) Redução de custos com o emprego de recursos (mão-de-obra, energia, água e estrutura física);
- g) Revelação da integridade e viabilidade de um determinado projeto em termos técnicos e econômicos.

Por sua vez, Freitas Filho (2008) elenca algumas das vantagens do emprego da simulação, entre as quais se destacam:

- a) Treinamento especial para a construção de modelos;
- b) Dificil interpretação dos resultados de simulação por causa dos processos aleatórios incluídos no modelo;
- c) Consumo de muitos recursos, principalmente tempo, por parte da modelagem e experimentação associadas a modelos de simulação.

Freitas Filho (2008) discorre, ainda, sobre as situações para as quais o uso da simulação deve ser considerado:

- a) Nos momentos em que não exista formulação matemática completa para o problema;
- b) Quando não houver solução analítica para o problema;
- c) A obtenção de resultados torna-se mais fácil de ser alcançada por meio da simulação do que com o modelo analítico;
- d) Habilidade pessoal não deve ser considerada para a resolução de modelos matemáticos por técnicas analíticas ou numéricas;
- e) Quando se faz necessária a observação do processo do começo até o seu final, excetuando detalhes mais específicos;
- f) Para situações de dificuldade ou mesmo de impossibilidade de experimentação no sistema real;
- g) Quando deseja-se observar longos períodos de tempo ou alternativas não apresentadas pelos sistemas reais.

Para Law *et Kelton* (2000), a construção de modelos exige treinamento e experiência prévia e nem sempre a variabilidade de um sistema é bem captada e modelada, podendo levar a resultados equivocados.

2.2 Teoria das filas

Segundo Cardoso *et al.* (2010), as filas são definidas como sistemas que estão diretamente relacionados à rotina das pessoas, que as veem de forma bastante desagradável. Os consumidores estão cada vez mais exigentes devido às implicações da globalização, assim, os gerentes consideram a formação de filas extensas uma desvantagem competitiva, passando, assim, a enfrentar racionalmente este acontecimento.

O gerenciamento das filas é essencial, uma vez que elas estão relacionadas diretamente à percepção dos clientes a respeito do serviço prestado e da necessidade de esperar por ele (Sabbadini *et al.*, 2006).

A teoria das filas é uma técnica analítica que estuda os parâmetros de uma fila de um sistema real, sendo eles: o tempo de médio de espera, tamanho médio de fila e taxa média de utilização do servidor. A formação das filas ocorre quando a demanda por um serviço é maior que a capacidade do sistema em atendê-la. Desta forma, por meio de modelos matemáticos, torna-se possível alcançar um ponto de equilíbrio que atenda o cliente, mas que seja viável economicamente para o prestador de serviços. O sistema de filas pode ser visualizado conforme Figura 1:



Figura 1. Sistema de filas

Fonte: Sampaio *et Oliveira* (2013)

Existem seis características básicas que definem de maneira adequada um sistema de filas, quais sejam:

- a) Processo de chegada de clientes: em processos de filas comuns, a chegada apresenta comportamento estocástico, ou seja, é descrito no tempo e no espaço de acordo com as leis da probabilidade. Portanto, é fundamental conhecer qual a distribuição de probabilidade que descreve os tempos entre as chegadas dos clientes. Entre as distribuições de probabilidade mais comuns estão as de Poisson, Erlang, Hipereponencial e Arbitrária.



- b) Distribuição de tempo de serviço: o tempo de atendimento pode ser classificado em: regular, em que a duração de todos os atendimentos é a mesma; e aleatória, situação mais comum, na qual cada cliente necessita de um tempo próprio de atendimento.
- c) Fila: definição do método de escolha da sequência de atendimento dos clientes quando existe formação de fila. A disciplina mais utilizada rotineiramente é a FCFS (*First Come, First Served*) ou FIFO (*First-In-First-Out*), na qual o primeiro a chegar é o primeiro a ser servido. Além dessas, existem outras formas de disciplina como, por exemplo, a LCFS (*Last Come, First Served*), em que o último a entrar no sistema é o primeiro a ser atendido, utilizado na maioria das vezes em sistemas de controle de estoque; e a SIRO (*Select in Random Order*), na qual a escolha de prioridade é definida aleatoriamente.
- d) Capacidade do sistema: informa as limitações para os possíveis clientes nos processos de filas, sejam elas de caráter físico, monetário ou de tempo de espera. Por exemplo, em uma fila de banco há a limitação do espaço físico, onde um novo cliente não pode entrar no sistema enquanto não houver a diminuição da fila. Este tipo de sistema é denominado finito, diferente de um sistema de filas de capacidade infinita, quando existe a garantia de que o atendimento acontecerá, pois, na teoria, não há limitações.
- e) Número de servidores: chamado também de número de canais de serviço. Essa característica aponta a quantidade de pontos de atendimento do sistema que podem servir, em paralelo, os clientes. Se o sistema possuir mais de um servidor, existem duas possibilidades: adoção de um sistema de fila única para todos os servidores ou um de múltiplas filas, em que cada fila é destinada a um servidor.
- f) Tamanho da população: o tamanho da população é mensurado pela quantidade de usuários em potencial que podem em algum momento utilizar o sistema, podendo ser finita ou infinita.

2.3 Software Arena®

Inicialmente, os sistemas de simulação foram desenvolvidos sobre linguagens de programação de propósito geral, tais como: Fortran, Basic e Pascal. 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 e Simscript. Tais linguagens eram, na verdade, bibliotecas formadas por conjuntos de macro comandos das linguagens de propósito 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 (Fernandes, 2006).

De acordo com Chwif et Medina (2006), na década de 1980 surgiram os primeiros softwares simuladores com interface própria, que minimizam as linhas de programação. Foi nessa época que a simulação passou a explorar o potencial do computador pessoal, permitindo a utilização de técnicas de representação gráfica ou visual para simular paisagens reais ou projetadas, como é o caso do Arena®.

Lançado em 1993, o Software Arena® da Rockwell Software Corporation é um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém inúmeros recursos para modelagem, animação, análise estatística e análise de resultados. Essa plataforma de simulação possui as seguintes ferramentas (Law et Kelton, 2000):

- Analisador de dados de entrada (*input analyzer*);
- Analisador de resultados (*output analyzer*);
- Analisador de processos (*process analyzer*).

A ferramenta *Input analyzer* permite analisar dados reais que foram coletados no sistema, isto é, dados do funcionamento do processo, e escolhe a distribuição estatística mais adequada ao processo (Costa, 2009). O *Output analyzer* permite analisar dados coletados durante a simulação, sendo que estes resultados podem ser obtidos por gráficos e por comparações estatísticas (Prado, 2010).

O *Process analyser*, por sua vez, ajuda na avaliação de alternativas apresentadas na execução da simulação de diferentes cenários para o modelo do sistema estudado. É focado na comparação de cenários depois que o sistema já foi completamente traduzido para um “modelo virtual”. Nesse estágio, tal modelo já está completo, validado e configurado apropriadamente para o uso do *Process analyser*. O papel dessa ferramenta é, então, o de permitir a comparação entre os resultados retirados do modelo, a partir de diferentes dados de entrada (Lima et al., 2006).

Para se descrever uma aplicação real no Arena®, utiliza-se um conjunto de blocos (módulos). Esses blocos são configurados para gerar dados a partir de programações feitas pelo operador. Como foram projetados para simulação, é de fácil programação nos módulos. Tal como na maioria dos softwares de simulação, com ele pode-se visualizar o sistema a ser modelado como constituído de um conjunto de estações de



trabalho que prestam serviços a entidades que se movem pelo sistema. Os módulos disponíveis estão apresentados abaixo (Costa, 2009):

- Basic Process
- Advanced Process
- Advanced Transfer
- Elements
- Blocks
- ContactData
- CSUtil
- Packing
- Elements

O Arena® é direcionado para a Simulação de Eventos Discretos (SED), que é utilizada para modelar sistemas que mudam o seu estado em momentos discretos no tempo, a partir da ocorrência de eventos, isto é, em situações em que cada evento ocorre em instantes determinados no tempo (Chwif et Medina, 2006). Também possui capacidade de modelar retrabalhos, eventos probabilísticos e processos de decisões (Leal et Oliveira, 2011).

2.4 Indústria e comércio do vestuário

O Brasil não aparece entre os maiores exportadores da indústria do vestuário, sendo responsável por um pouco menos de 3% da comercialização mundial, mas mesmo assim tem um grande potencial no ramo do vestuário (ABRAVEST, 2014).

No Brasil, a indústria do vestuário tem uma participação significativa no crescimento econômico e no desenvolvimento do País, sendo responsável por 9% dos empregados da indústria de transformação nacional, e ocupa um dos primeiros lugares na economia mundial, com 14% dos empregos (FIEP, 2009).

Segundo a ABRAVEST (2014), o ramo da confecção é formado por dezessete grupos: Linha praia, infante juvenil e bebê, roupas profissionais, uniformes escolares, camisas, malharia, roupas sociais masculinas, moda *boutique*, malharia retilínea, *jeans sportwear*, *surfwear*, roupas íntimas masculina e feminina, meias, bordados, *lingerie* dia e *lingerie* noite.

As indústrias de vestuário são formadas por empresas de médio e pequeno porte. Estas empresas fabricam produtos com baixo valor agregado, utilizando, em larga escala, a mão de obra barata. A cadeia desse ramo é muito extensa e pode proporcionar ganhos de escala nas etapas do processo produtivo. Como características principais apresentam: tecnologias de produção, matérias primas inovadoras e estratégias de design, comércio e distribuição (IEL, 2003).

A indústria do vestuário, nas décadas de 1970 e 1980, passou por transformações significativas, originadas da competição entre fornecedores europeus e asiáticos, apoiados pelo desenvolvimento de máquinas e equipamentos modernos e pela criação de novos materiais têxteis. Adiciona-se a isso a implantação de novas técnicas avançadas de administração (IEL, 2003).

Na China, Estados Unidos e Índia concentram-se a produção mundial da indústria do vestuário (ABRAVEST, 2014). Estes países investiram muito em tecnologia, o que reflete o aumento da produção e da produtividade e, consequentemente, a redução dos custos e do preço final do produto, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Produção mundial de têxteis e vestuário de 2010 (em 1.000 toneladas)

Têxteis			Vestuário		
Países	Produção	%	Países	Produção	%
1. China	38.561	51%	1. China	21.175	46,40%
2. Índia	5.793	7,60%	2. Índia	3.119	6,80%
3. Estados Unidos	4.021	5,30%	3. Paquistão	1.523	3,30%
4. Paquistão	2.820	3,70%	4. Brasil	1.271	2,80%
5. Brasil	2.249	3%	5. Turquia	1.145	2,50%
6. Indonésia	1.899	2,50%	6. Coreia do Sul	990	2,20%
7. Taiwan	1.815	2,40%	7. México	973	2,10%
8. Turquia	1.447	1,90%	8. Itália	935	2%
9. Coreia do Sul	1.401	1,80%	9. Malásia	692	1,50%
10. Tailândia	902	1,20%	10. Polônia	664	1,50%
11. México	748	1%	11. Taiwan	638	1,40%
12. Bangladesh	686	0,90%	12. Romênia	549	1,20%
13. Itália	660	0,90%	13. Indonésia	505	1,10%
14. Rússia	516	0,7%	14. Tailândia	467	1%
15. Alemanha	456	0,60%	15. Bangladesh	466	1%
Subtotal	63.974	84,20%	Subtotal	35.112	76,90%
Outros	12.105	15,80%	Outros	10.535	23,10%
Total	76.079	100%	Total	45.647	100%

Fonte: IEMI (2012)



A indústria do vestuário exerce um relevante papel na economia global. No comércio internacional, está posicionada em terceiro lugar na maioria dos países industrializados. Nos países em desenvolvimento, representa a porta de entrada no mercado internacional. Primeiramente, são exportados os produtos de menor valor agregado. Posteriormente, internalizam novos processos produtivos e buscam competir nos países de grandes mercados (IEL, 2003).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo Santos (2000), três critérios são normalmente utilizados para identificar a natureza metodológica da pesquisa, tais como: objetivos, procedimento da coleta e as fontes utilizadas durante a coleta de dados.

Esta pesquisa científica, quantitativa e qualitativa, segundo os seus objetivos, apresenta caráter descritivo, explicativo. Santos (2000) define a pesquisa descritiva como um levantamento dos componentes do fato/problema, e explicativa por criar uma teoria aceitável a respeito de um fato ou fenômeno, visando aprofundar o conhecimento da realidade.

De acordo com os procedimentos da coleta, esta pesquisa é experimental, utilizada quando um fato ou fenômeno da realidade é reproduzido com o objetivo de descobrir os fatores que o produzem ou que por ele são causados (Santos, 2000). Ainda de acordo com os procedimentos da coleta, Yin (2005) apresenta os estudos de caso como uma estratégia para controlar os acontecimentos inseridos em algum contexto da realidade.

3.1 Caracterização do cenário de pesquisa

A razão social da empresa em estudo é Le Pink Monde Lingerie, a qual foi fundada em 1986 e está localizada em Aparecida de Goiânia, Goiás.

Há 26 anos a Le Pink oferece a seus clientes linhas de produtos compostas por *lingeries*, de linha básica (*Skin*) com calcinhas e sutiãs, pijamas da linha confortável (*Confort*) e da linha romântica (*Romantique*). Cabe ressaltar que a linha básica (*Skin*) de sutiãs será o foco dessa pesquisa.

Exercendo atividades do ramo de confecções de moda íntima, a empresa preza sempre pela inovação de seus produtos, nunca deixando de lado a sensualidade e o conforto. Atualmente, a Le Pink possui aproximadamente 110 funcionários, sendo 70 no chão de fábrica, que trabalham de segunda a sexta, das 07h15min às 17h15min, contando com intervalo de almoço e descanso de 1h30min.

A empresa conta com equipamentos, tecnologia e profissionais capazes de propiciar qualidade superior, além de uma diversificada grade de modelos acompanhados de excelente design e acabamentos finais.

Os produtos são confeccionados com diversos tecidos, entre eles estão rendas, microfibras, cetim, ligamentes, algodão, poliamida e tulis. O catálogo é dividido em coleções separadas em outono-inverno e primavera-verão.

Ambas as coleções possuem os produtos para uso rotineiro, outros mais sofisticados, e uma terceira linha, com detalhes diferenciados, destinados a um público mais criterioso e determinado.

O processo de confecção de *lingeries* é caracterizado pelas seguintes etapas:

- Entrada do tecido no setor de corte, local onde o tecido é cortado de acordo com os moldes;
- Processo de costura, onde as peças cortadas são unidas;
- Etapa de preparação, que consiste na inserção do arco metálico no bojo do sutiã;
- Etapa de finalização, onde é realizada a verificação de qualidade do produto e travetamento;
- Embalagem das peças que em seguida são encaminhadas para o estoque.

O fluxograma de produção do Le Pink mostra o processo de produção que engloba seis grandes áreas, sendo elas PCP, corte, costura, preparação, finalização, e expedição. Cada uma dessas áreas é responsável por uma ou várias partes do processo produtivo. A começar pelo PCP, que conta com diversas etapas que incluem desde o recebimento do pedido do cliente até a emissão da ordem de produção, que segue para a próxima fase ou aguarda a chegada da matéria prima demandada. A seguir, o setor de corte recebe a ordem de produção e realiza o procedimento de enfiar, separando por tamanhos. Na sequência, a costura verifica se as peças estão no tamanho padrão exigido para depois costurar as peças. Na preparação se coloca arco e barbatana na peça íntima. O próximo passo é travetar as peças e verificar se o produto atende o padrão de qualidade para seguir adiante. Por fim, na expedição, as peças são embaladas e armazenadas para que o pedido seja enviado ao cliente.

Na Figura 2 é disponibilizado um fluxograma que retrata o modelo de funcionamento da Le Pink.

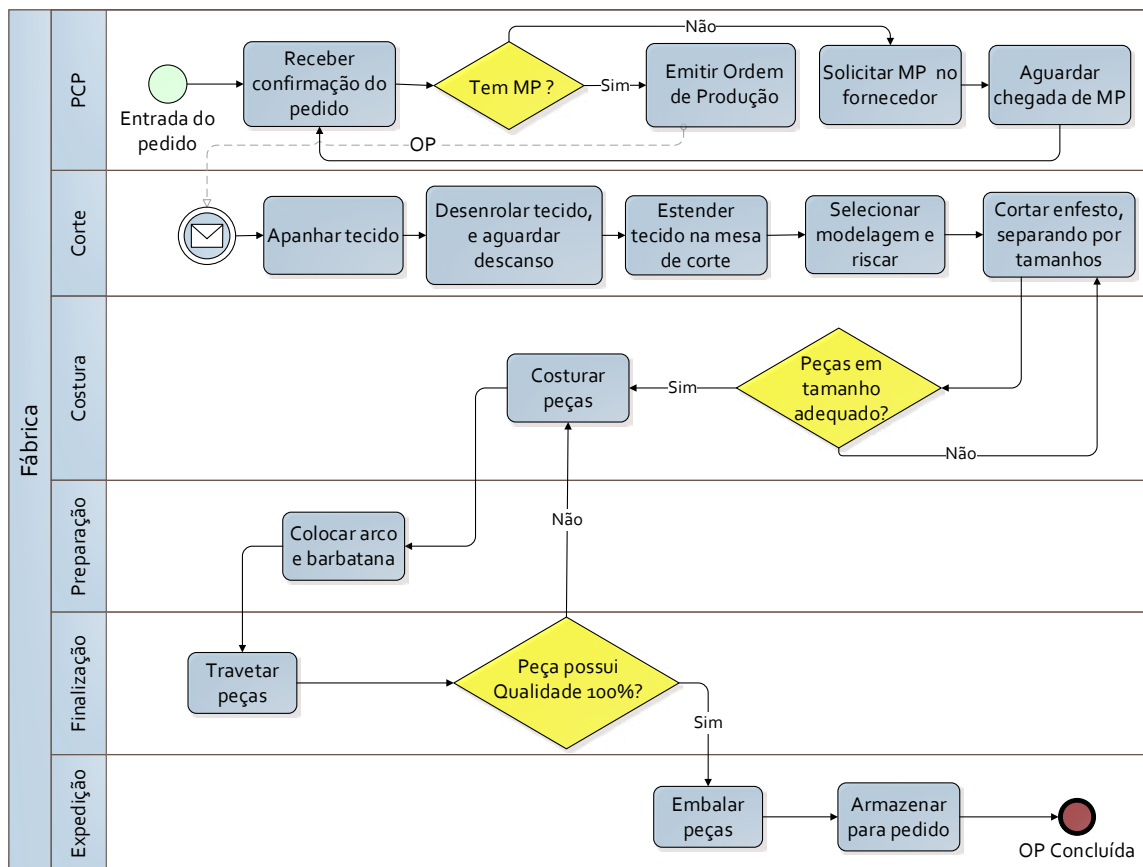


Figura 2. Fluxograma de produção da Le Pink

Fonte: Os próprios autores (2015)

3.2 Descrição do problema

Foram avaliados o tempo médio que as peças permaneceram em fila em cada etapa de produção e o tempo médio gasto para execução da tarefa em cada estágio.

Gianesi *et Corrêa* (1994) afirmam que as filas e a maneira como elas são gerenciadas são aspectos dos mais sensíveis e importantes na percepção do cliente quanto à qualidade do serviço prestado, o que justifica uma preocupação especial com o seu gerenciamento.

Constata-se pela Tabela 2 que as etapas em que ocorre maior formação de filas são nos setores de corte e preparação, o que mostra que esses são os setores mais solicitados e possuem uma carga de trabalho maior que os demais.

Para que um processo produtivo seja eficiente, uma das metas de uma empresa é reduzir seus tempos de fila. Portanto, por meio de simulações computacionais serão traçados diferentes cenários no Arena® para apontar quais melhorias podem ser feitas em relação à produção de *lingeries*.

Tabela 2. Relatório de filas

Sumário dos detalhes da fila	
Outros	Número de Entidades na Fila
Processo Corte.Fila	9,93
Processo Costura.Fila	3,43
Processo Preparacao.Fila	13,55
Processo Finalizacao.Fila	0,00
Processo Embalagem.Fila	0,20
Total	27,11

Fonte: Os próprios autores (2015)

3.3 Modelagem e implementação

Segundo Banks *et al.* (1996), a atividade de tradução de um modelo de simulação é determinada basicamente pelos seguintes conceitos:

- Elementos de modelagem: qualquer objeto ou componente do sistema que requer representação explícita no modelo de simulação (ex: funcionário, cliente, máquina, etc.);



- Atributos: propriedades das entidades (ex: tipo de cliente, tipo de pedido);
- Filas: coleções de entidades, ordenadas de acordo com alguma lógica (ex: FIFO, LIFO);
- Eventos: ocorrências que alteram o estado do sistema considerado (ex: chegada de um cliente);
- Atividades: durações de tempo especificado (ex: tempo de atendimento, intervalo de chegadas). Podem ser definidas de maneira: determinística; estatística; ou através de uma função que depende das variáveis do sistema ou atributos de entidades;
- Movimentações: roteamentos das entidades e recursos no sistema.

Um modelo de simulação pode ser do tipo matemático, descritivo, estatístico e entrada-saída. Os mais utilizados são os modelos de simulação do tipo entrada-saída, pois são modelos iterativos nos quais o usuário fornece dados de entrada e obtém respostas específicas para estes. Segundo Chwif et Medina (2006), as variáveis de entrada necessárias para a execução do modelo são:

- TS: tempo de atendimento;
- TEC: intervalo entre chegadas sucessivas.

As variáveis de entrada coletadas na Le Pink foram os tempos de execução de cada etapa do processo produtivo, além do intervalo entre as chegadas das ordens de produção. As coletas destas variáveis foram realizadas durante dois dias, mais precisamente em uma terça e quarta-feira, período em que se registrou uma demanda normal, no horário das 07h15min às 17h15min. O deslocamento realizado entre os setores de trabalho a fim de coletar os tempos necessários foi considerado relativamente curto devido à proximidade das áreas no sistema.

3.4 Coleta de dados

Uma das etapas mais importante na simulação é a coleta de dados. Dificilmente os dados estão na forma exata que melhor pode representar o funcionamento do sistema. Por isso, os dados devem ser agrupados de forma cuidadosa e coerente. A busca pelas informações deve ser orientada ao objetivo, com um foco nas informações que contribuam para atingir as metas do estudo.

As melhores fontes de dados para simulação incluem modos operatórios; estudos de tempos; relatórios de produção e manutenção; pessoal do chão de fábrica; entre outras.

Após a coleta dos dados, eles devem ser transformados em informação útil. Os dados raramente estão numa forma que possibilita o seu uso direto na simulação. Então, o que se deve fazer é realizar algumas análises e conversões para que os dados se tornem úteis como parâmetros de entrada no sistema.

Para coletar os tempos entre chegadas das ordens de produção, foi observado o momento em que uma ordem de produção sai do PCP e chega ao setor de corte, sendo este o momento de início do cronômetro.

Foram coletados inicialmente 30 dados (amostra de partida), para verificação da variabilidade desses tempos em torno de sua média.

Quanto à coleta do tempo de execução das etapas de confecção da *lingerie*, o cronômetro era acionado quando o funcionário pegava a primeira peça e era parado quando concluía sua tarefa.

Após as primeiras coletas, verificou-se o tamanho adequado da amostra da Equação (1). O tamanho de cada uma das amostras, cronometradas neste trabalho, foi obtida, para um nível de confiança de 95% (Marôco, 2003):

$$n = \frac{Z^2 \cdot \sigma^2}{E_0^2} \quad (1)$$

Sendo:

n = tamanho da amostra;

Z = valor da normal padronizada para um nível de confiança de 95%;

σ = desvio padrão amostral em torno da média; e

E_0 = erro amostral tolerável arbitrado, associado à média (3%, 5% e 10%).

Considerando um erro amostral tolerável de 5%, chegou-se ao número ideal de coletas necessárias.

- O tamanho mínimo das amostras foi de:
- 90 para tempo entre chegadas de ordem de produção;
- 49 para tempo de execução no setor de corte;
- 33 para tempo de execução no setor de costura;



- 152 para tempo de execução no setor de preparação;
- 79 para tempo de execução no setor de finalização;
- 53 para tempo de execução no setor de qualidade;
- 20 para tempo de execução no setor de embalagem.

Todas as unidades de medida dos tempos tomados foram em minutos.

3.5 Análise dos dados pelo *Input analyzer*

Antes de iniciar a simulação dos dados coletados, é necessário identificar a distribuição de probabilidade que melhor se ajuste aos mesmos, para isso se fez uso da ferramenta *Input analyzer* do Arena®.

Uma das maiores vantagens do Arena® é que é um *software* de fácil manuseio e com uma interface simples, o que garante maior comodidade ao usuário para análise dos dados, elaboração da lógica do sistema, visualização do sistema e obtenção de resultados.

A distribuição com menor erro (*square error*) foi adotada preferencialmente em relação às possíveis outras distribuições.

Em seguida, foram realizados os testes de aderência: qui-quadrado (X^2) e *p-value*. As amostras e distribuições recomendadas para cada processo são expostas na Tabela 3.

3.6 O tempo de simulação

Foi determinado um intervalo de confiança de 95% e um erro igual a 5%.

Primeiramente, construiu-se um diagrama de blocos no Arena® para representar a lógica do sistema em estudo. Em seguida, foi construído o cenário atual utilizando-se das distribuições recomendadas e obtidas pela submissão dos dados ao *Input analyzer*.

Utilizou-se a jornada de trabalho de um dia como período para simulação, ou seja, oito horas e 30 minutos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram criados três cenários para a simulação da confecção do sutiã:

- Cenário 1: sistema atual com quatro cortadores, oito costureiras, um preparador, quatro travetadores e um embalador;
- Cenário 2: contratou-se mais um cortador, e demitiu-se uma costureira e três travetadores, resultando em um sistema com cinco cortadores, sete costureiras, um preparador, um travetador e um embalador, para alcançar a máxima utilização dos funcionários em cada processo.
- Cenário 3: avaliou-se a possibilidade de introduzir um novo modelo de sutiã com produção paralela a do modelo atual, na ordem de 50% sobre a demanda em estudo. Para isso, foi identificada a necessidade de contratar mais um funcionário tanto para o setor de corte como para o de preparação, porém, percebeu-se que a empresa deveria retirar dois funcionários da costura e três funcionários do traveteamento. Assim, o quadro de funcionários seria composto por cinco cortadores, seis costureiras, dois preparadores, um finalizador e um embalador, trabalhando com máxima utilização.

A partir do cenário 1 (que representa o sistema real), foram percebidas alternativas viáveis para alcançar melhorias capazes de beneficiar o sistema e, conseqüentemente, trazer maior rentabilidade à empresa.

4.1 Simulação do cenário 1

O tempo médio de espera na fila ao longo de todo o processo de produção é de aproximadamente 32,42 minutos.

Tabela 3. Tabela de amostras e distribuições

Variável	Amostra Coletada	Amostra Mínima	Erro Quadrado	X^2 Calculado	X^2 Tabelado	Valor-p	Distribuição Recomendada
TS Corte	30	49	0.012163	1.71	2.71	0.208	$1 + 1 * \text{BETA}(1.24, 1.1)$
TS Costura	30	33	0.015556	2.33	3.36	0.678	UNIF(3, 5)
TS Preparação	30	152	0.002736	0.357	0	< 0.005	$0.4 + 1.19 * \text{BETA}(1.56, 1.66)$
TS Finalização	30	79	0.017412	2.59	4.61	0.282	$0.18 + 0.22 * \text{BETA}(1.1, 1.03)$
TS Qualidade	30	53	0.049078	1.98	0	< 0.005	$0.45 + 0.55 * \text{BETA}(1.09, 0.932)$
TS Embalagem	30	20	0.005542	0.767	0.45	0.41	$0.38 + 0.23 * \text{BETA}(1.22, 1.3)$

Fonte: Os próprios autores (2015)



Na simulação do cenário atual pode-se perceber que o sistema encontra-se equilibrado, porém, nota-se que há formação de filas principalmente nos setores de corte e preparação, ou seja, o “gargalo” não é privilégio de apenas um setor. Por isso, medidas devem ser tomadas para reduzir a solicitação dessas áreas e para que a produção possa fluir mais rapidamente. A Figura 3 exemplifica a animação do cenário atual:

No cenário atual, com quatro cortadores, oito costureiras, um preparador, quatro travetadores e um embalador, verificaram-se os seguintes tempos:

- Tempo médio total de espera = 32,42 minutos;
- Tempo médio de espera no corte = 12,05 minutos;
- Tempo médio de espera na costura = 4,08 minutos;
- Tempo médio de espera na preparação = 16,03 minutos;
- Tempo médio de espera na finalização = 0 minuto;
- Tempo médio de espera na embalagem = 0,26 minutos;
- Tempo médio no sistema = 65,64 minutos.

A fila do setor de corte chegou, no máximo, a dez sutiãs; a fila do setor de costura a, no máximo, quatro sutiãs; a fila do setor de preparação a, no máximo, 14 sutiãs; no setor de finalização, o índice de filas foi praticamente nulo; e a fila do setor de embalagem teve, no máximo, uma peça.

A partir da comparação dos resultados realizados pela simulação do sistema em computador no que se refere à observação do sistema real, percebe-se a veracidade e confiabilidade do modelo analisado pelo *software* Arena®. Assim, fica comprovada a validade dessa simulação.

4.2. Simulação do cenário 2

No cenário 2 foi proposta, em relação ao cenário 1, a contratação de um cortador e a demissão ou reposicionamento de uma costureira e três travetadores, dando origem a um sistema mais enxuto com cinco cortadores, sete costureiras, um preparador, um travetador e um embalador.

A partir da simulação, obteve-se um tempo de espera de 34,92 minutos.

No sistema do cenário 2, notou-se uma piora pelo fato de haver um aumento nos tempos de espera em relação ao cenário 1. A Figura 4 representa a animação do Cenário 2:

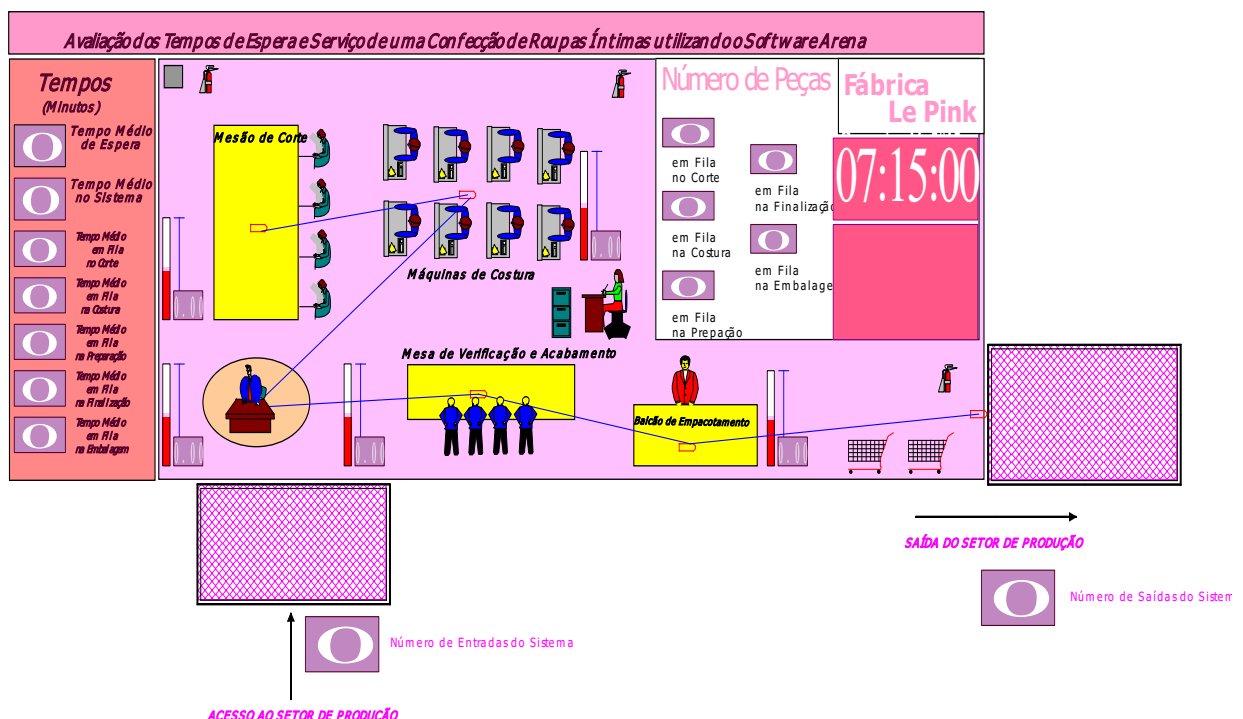


Figura 3. Animação do cenário 1

Fonte: Os próprios autores (2015)

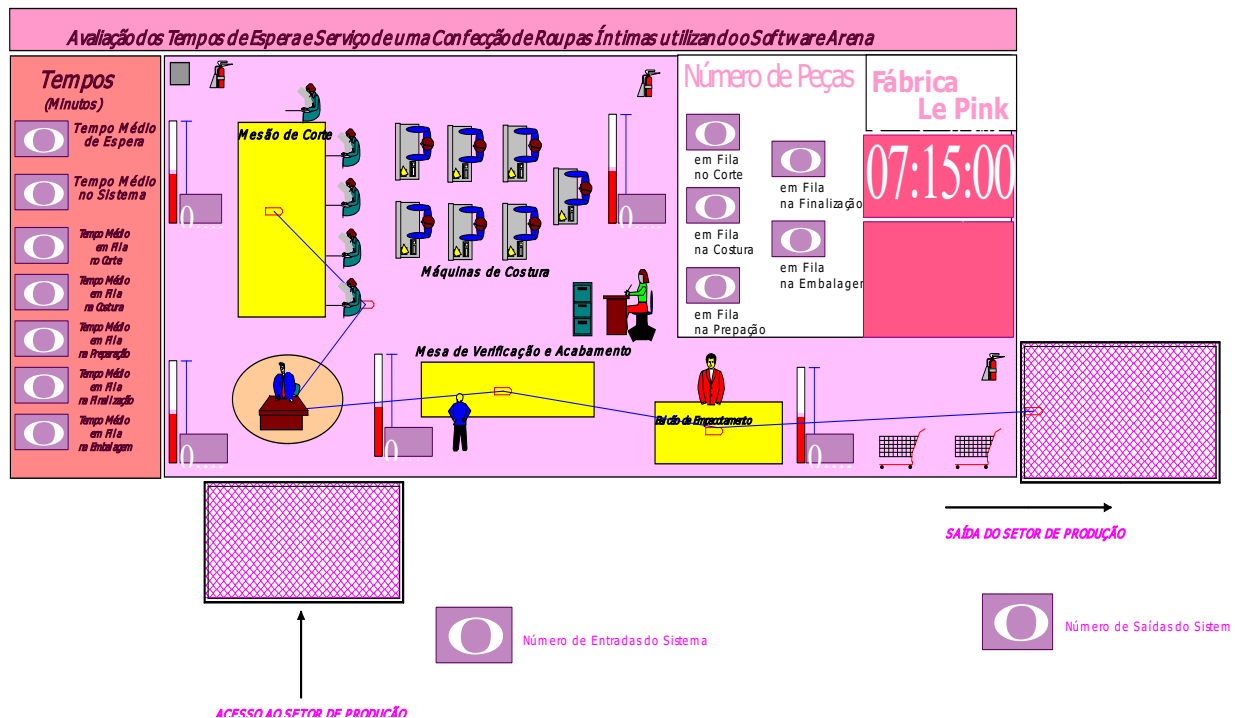


Figura 4. Animação do cenário 2

Fonte: Os próprios autores (2015)

Os tempos do cenário 2 são expostos a seguir:

- Tempo médio total de espera = 34,92 minutos;
- Tempo médio de espera no corte = 9,48 minutos;
- Tempo médio de espera na costura = 7,69 minutos;
- Tempo médio de espera na preparação = 13,20 minutos;
- Tempo médio de espera na finalização = 0,08 minutos;
- Tempo médio de espera na embalagem = 0,21 minutos;
- Tempo médio no sistema = 72,60 minutos.

A fila chegou, no máximo, a oito, 14 e um sutiãs nos setores de corte e costura, de preparação, e de finalização e embalagem, nesta ordem.

A partir dos resultados obtidos e as observações realizadas no sistema real (cenário 1), pode-se constatar uma

elevação no tempo total no sistema de 65,64 minutos para 72,60 minutos, o que representa um aumento de 6,96 minutos ou de 10,60% em relação ao sistema real. Portanto, ao modificar o quadro de funcionários, a empresa apesar de reduzir sua despesa com mão de obra, faz com que o tempo médio do lote no sistema sofra um leve aumento. Assim, temos uma ampliação de:

10,60% no tempo médio no sistema;

88,48 % no tempo médio de espera na costura.

Em contrapartida houve também uma redução de:

21,33 % no tempo médio de espera no corte;

17,64 % no tempo médio de espera na preparação;

19,23 % no tempo médio de espera na embalagem.

Quanto ao tempo de finalização, eles se mantiveram quase que inalterados em ambos os cenários.

A Tabela 4 faz um comparativo entre o cenário real (1) e o cenário proposto (2).



Tabela 4. Comparação dos tempos entre os cenário 1 e 2

Variável	Cenário 1 (min)	Cenário 2 (min)
Tempo Médio Total de Espera	32,42	34,92
Tempo Médio de Espera no Corte	12,05	9,48
Tempo Médio de Espera na Costura	4,08	7,69
Tempo Médio de Espera na Preparação	16,03	13,2
Tempo Médio de Espera na Finalização	0	0,08
Tempo Médio de Espera na Embalagem	0,16	0,21
Tempo Médio no Sistema	65,64	72,6

Fonte: Os próprios autores (2015)

4.3 Simulação do cenário 3

O cenário 3 foi pensado diante da possibilidade de uma ampliação futura da empresa. Para tanto, foi considerado um quadro de funcionários composto por cinco cortadores, seis costureiras, dois preparadores, um finalizador e um embalador; além disso, estabeleceu-se uma nova linha de sutiã com características semelhantes e produção paralela ao do modelo atual, com acréscimo de 50% sobre a demanda.

Com o aumento da demanda e, conseqüente, ampliação do fluxo de clientes, os funcionários serão mais bem utilizados e o tempo ocioso diminuirá.

O modelo deste cenário teve um tempo médio de espera de 38,80 minutos.

A Figura 5 representa a animação do cenário 3:

No cenário 3 verifica-se os seguintes tempos:

Tempo médio total de espera = 38,80 minutos;

- Tempo médio de espera no corte = 14,98 minutos;
- Tempo médio de espera na costura = 19,41 minutos;
- Tempo médio de espera na preparação = 0,65 minutos;
- Tempo médio de espera na finalização = 0,27 minutos;
- Tempo médio de espera na embalagem = 0,44 minutos;
- Tempo médio no sistema = 75,47 minutos.

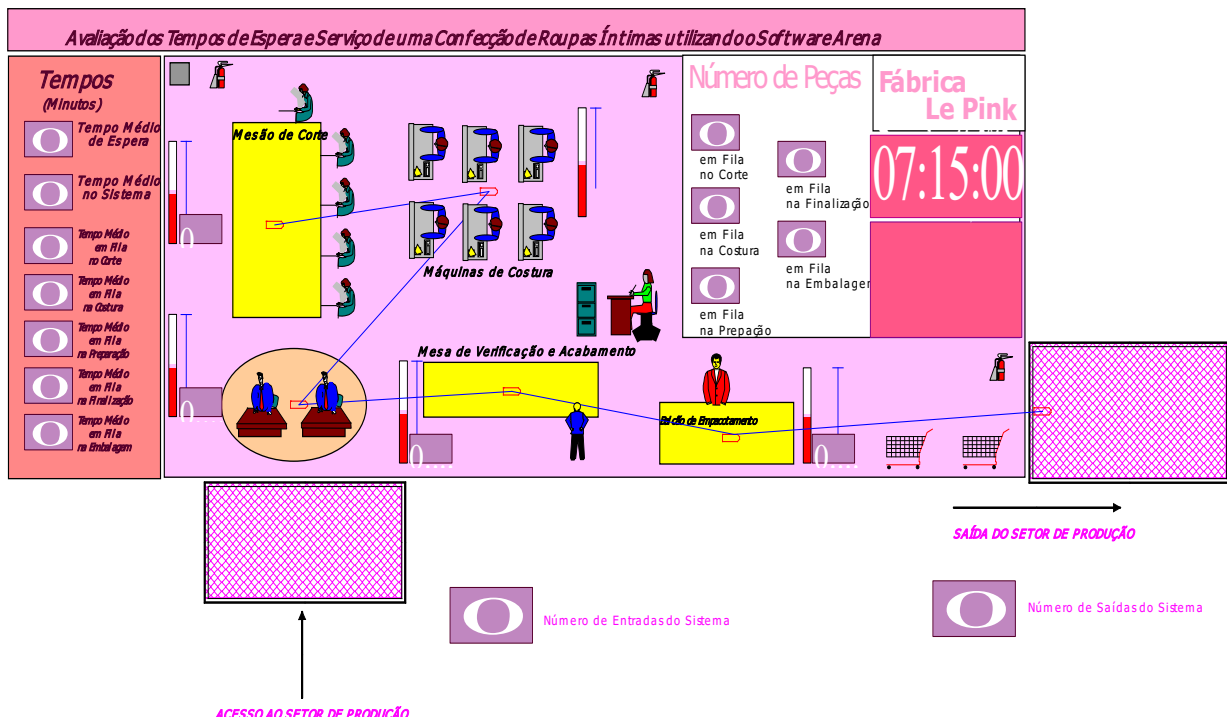


Figura 5. Animação do Cenário 3

Fonte: Os próprios autores (2015)



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da análise do modelo executado no Arena®, chegou-se a conclusão de que, atualmente, a produção de sutiãs na Le Pink corre com uma boa fluidez, porém deve-se tomar cuidado com a formação de filas extensas nos setores de corte e preparação. Cabe à empresa fazer um estudo sobre análise de capacidade para definir a quantidade de funcionários adequada em cada etapa de produção.

O tempo médio total de espera do cenário 2 em relação ao cenário 1 sofreu um pequeno aumento diante da eliminação de três funcionários do processo produtivo, o que permitiu a empresa economizar com mão de obra, além de aumentar a taxa de utilização de seus funcionários, porém teve como consequência a formação de filas maiores no setor de costura.

O cenário 3 foi criado diante da possibilidade da empresa se expandir e acrescentar uma nova linha de sutiãs. Ao realizar a simulação do modelo, percebeu-se aumentos nos tempos e tamanhos das filas dos setores de corte e costura, bem como nas taxas de utilizações das estações de trabalho, com exceção da preparação.

O modelo simulado foi fiel ao sistema real, comprovando a autenticidade dos eventos verificados durante a etapa de coleta de dados: filas médias e peças esperando mais tempo para serem confeccionadas nos setores de corte e preparação, e menos tempo nos setores de costura, finalização e embalagem.

Recomenda-se realizar a cronometragem das etapas de produção para que se possa estabelecer um modelo de análise de capacidade para todos os setores da Le Pink, o que reduziria eventuais riscos de elevação brusca na demanda em determinados períodos.

O assunto não se esgota com a realização deste trabalho, devendo avançar a partir do desenvolvimento de um estudo relativo ao comportamento do gargalo no sistema. Uma vez que ocorre uma melhoria no gargalo, as restrições podem mudar de lugar no sistema.

A aplicação da simulação computacional gerou um conhecimento adicional acerca do processo para todos os envolvidos e possibilitou, também, a identificação de oportunidades de melhorias no processo de produção de sutiã.

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.

REFERÊNCIAS

- ABRAVEST - Associação Brasileira do Vestuário (2017). Dados do Setor, disponível em: http://www.abraves.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=30 (Acesso em 02 de setembro de 2015).
- Andrade, E. L. (2009), *Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para Análise de Decisões*, 4 ed., LTC, Rio de Janeiro, RJ.
- Arenales, M., Armentano, V. A., Morabito, R. et al. (2007), *Pesquisa Operacional*, 6. ed., Elsevier, Rio de Janeiro, RJ.
- Banks, J., Carson, J., Nelson, B. (1996), *Discrete-event System Simulation*, Prentice Hall, New Jersey.
- Banks, J. (1998), *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice*, John Wiley & Sons, New York.
- Barbosa, R. A. A, Rodrigues, T. L., Almeida, R. E. P., et al (2009), "Modelagem e Análise do Sistema de Filas de Caixas de Pagamento em uma Drograria: Uma Aplicação da Teoria das Filas", artigo apresentado no XXIX ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, BA, 6-9 de Outubro, 2009, disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_096_652_13378.pdf (Acesso em 05 de setembro de 2015).
- Bortoluzzi, R., Santos, J. A. A., Schmid, C. A. P. (2014), "Simulação e Análise do Processo de Produção de uma Indústria de Confecção", *Revista de Engenharia e Tecnologia*, Vol. 6, No. 1, pp. 18-29, disponível em: <http://www.revistaret.com.br/ojs-2.2.3/index.php/ret/article/view/207/250> (Acesso em 05 de setembro de 2015).
- Cardoso, F. S., Fernandes Junior, R. F., Santos, Y. B. I. (2010), "Pesquisa Operacional: Aplicação de Teoria de Filas no Sistema de uma Panificadora", artigo apresentado no XXX ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, São Carlos, SP, 12-15 de Outubro, 2010, disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TN_STP_118_771_15877.pdf (Acesso em 06 de setembro de 2015).
- Chwif, L. et Medina, A. (2006), *Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria & Aplicações*, Editora dos Autores São Paulo, SP.
- Costa, A. L. B. (2009), *Aplicação da Simulação Computacional no Mapeamento do Fluxo de Operações de uma Empresa de Manutenção de Motores Elétricos*. Trabalho de Graduação de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, MG.
- Federação das Indústrias do Estado do Paraná (FIEP) (2008), *Indústria do Vestuário do Paraná*, disponível em: <http://www.fiepr.org.br/fiepr/analise/panrama/vestu%C3%A1rio.pdf> (Acesso em 10 de setembro de 2015).



- Fernandes, C. A., Silva, C. S., Pereira, J. O. et al. (2006), “Simulação da Dinâmica Operacional de uma Linha Industrial de Abate de Suínos”, *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Vol. 26, No. 1, pp. 166-70, disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v26n1/28866.pdf> (Acesso em 12 de setembro de 2015).
- Freitas Filho, P. J. (2008), *Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas: com Aplicações em Arena*, 2 ed., Visual Books, Florianópolis, SC.
- Gianesi, I. et Corrêa, H. L. (1994), *Administração Estratégica de Serviços: Operações para a Satisfação do Cliente*, Atlas, São Paulo, SP.
- IEL - Instituto Euvaldo Lodi (2003), *Diagnóstico da Indústria do Vestuário de São João Nepomuceno*, Belo Horizonte, MG.
- IEMI - Instituto de Estudos e Marketing Industrial (2001), *Análise da Indústria de Confecção*, Belo Horizonte, MG.
- Law, A. M. et Kelton, W. D (2000), *Simulation Modeling and Analysis*, 3 ed., McGraw-Hill, New York.
- Leal, L. R. et Oliveira, M. J. F. (2011), “Simulação Aplicada ao Gerenciamento de Projetos: uma Revisão”, *Revista Produção Online*, Vol. 11, No. 2, pp. 503-525, disponível em: <http://producaoonline.org.br/rpo/article/view/737/795> (Acesso em 11 de setembro de 2015).
- Lima, R. Z., Souza, A. D. C., Araújo, L. C. (2006), *Manual do Arena 9.0*, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, SC, disponível em: <http://user.das.ufsc.br/~rabelo/Ensino/DAS5313/MaterialDAS5313/ARENA/Manual%20ARENA/Manual-ARENA9.pdf> (Acesso em 15 de setembro de 2015).
- Marôco, J. (2003), *Análise Estatística de dados com Utilização do SPSS*, Sílabo, Lisboa.
- Montevecchi, J. A. B., Leal, F., Pinho, A. F. et al. (2010), “Conceptual Modeling in Simulation Projects by Mean Adapted IDEF: an Application a Brazilian Tech Company”, artigo apresentado no Winter Simulation Conference, Baltimore, MD, USA, 2010, disponível em: <http://www.informs-sim.org/wsc-10papers/150.pdf> (Acesso em 15 de setembro de 2015).
- Prado, D. S. (2009), *Teoria das Filas e da Simulação*, 4 ed., Falconi, Nova Lima, MG.
- Prado, D. S. (2010), *Usando o Arena em Simulação*, 4 ed., Falconi, Nova Lima, MG.
- Ryan, J. et Heavey, C. (2006), *Process Modeling for Simulation*, *Computers in Industry*, Vol. 57, No. 5, pp. 437-450, disponível em: <http://arrow.dit.ie/cgi/viewcontent.cgi?article=1050&context=tfschhmtart> (Acesso em 09 de setembro de 2015).
- Sabbadini, F., Gonçalves, A. A., Oliveira, M. J. F. (2006), “Gestão da Capacidade de Atendimento e Simulação Computacional para a Melhoria na Alocação de Recursos e no Nível de Serviço em Hospitais”, artigo apresentado no III SEGET – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Resende, RJ, 16-18 outubro, 2006, disponível em: http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos06/22_gecap.pdf (Acesso em 09 de setembro de 2015).
- Sampaio, P. G. V. et Oliveira, S. D. (2013), “Estudo de Modelagem e Simulação de Filas num Supermercado Associado à Análise de Cenários”, artigo apresentado no XXXIII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, BA, 08-11 outubro, 2013, disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STP_177_012_21942.pdf (Acesso em 15 de setembro de 2015).
- Santos, A. (2000), *Metodologia Científica: a Construção do Conhecimento*, 3 ed., DP&A, Rio de Janeiro, RJ.
- Silva, C. G. B. et Magalhães, M. B. (2005), *Simulação do Atendimento dos Caixas em Agências Bancárias*. Trabalho de Graduação de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, MG.
- Yin, R. K. (2005), *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*, 3 ed., Bookman, Porto Alegre, RS.

Recebido: 16 set. 2015.

Aprovado: 11 out. 2017.

DOI: 10.20985/1980-5160.2017.v12n4.1088

Como citar: Santos Neto, A.; Sales, E.T.C.; Santos, L.P.S.; et al. (2017), “Análise do processo de produção em uma empresa de confecção sob o ponto de vista da simulação computacional”, *Sistemas & Gestão*, Vol. 12, No. 4, pp. 422-435, disponível: <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/1088> (acesso: dia mês abreviado ano)