

OTIMIZAÇÃO DE LAYOUT NA LINHA DE MONTAGEM DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL COM USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Jéssica Viana de Freitas¹ - jell_viana@hotmail.com

Felipe Ungarato Ferreira¹ - ungarato@yahoo.com.br

José Ulian Cardoso Almeida¹ - joseulian@fainor.com.br

Paulo César Lima Silva¹ - paulocesar@fainor.com.br

Ramon Araujo dos Santos¹ - ramonaraujo@fainor.com.br

¹ Faculdade Independente do Nordeste – Vitoria da Conquista, BA, Brasil.

Resumo. *O setor têxtil é de grande importância para a economia brasileira, é forte gerador de empregos, devido às exportações crescentes e ao grande volume de produção. Além disso, a indústria têxtil tem um forte papel no desenvolvimento nacional, eleva a capacidade produtiva das pessoas e cria oportunidades de emprego. Assim, a produção deve ser projetada de forma eficiente para reduzir desperdícios e proporcionar maior rentabilidade. Logo, este trabalho tem como objetivo analisar problemas rotineiros em uma empresa do setor, propondo soluções na busca pelo aperfeiçoamento do layout, avaliando e sugerindo disposições mais adequadas para o ambiente. Para alcançar os objetivos, foi utilizada a simulação computacional como ferramentas a tomada de decisões, foram analisados dois cenários utilizando o software Flexsim para escolha do layout que proporcione melhores resultados. As simulações apontaram que os dois cenários propostos geraram melhorias ao sistema de produção. O primeiro, com adição de um fiapo na linha de produção teve um aumento de 32,61% na produção. Já o segundo cenário, com a adições do fiapo e de uma máquina de travete, proporcionou um aumento de 103,21% da produção. Logo, estes resultados demonstram a importância da simulação para melhorias fabris, impactando na produtividade e rentabilidade nas organizações.*

Palavras-Chave: Arranjo Físico; Simulação; Indústria Têxtil; Otimização.

1. INTRODUÇÃO

O setor têxtil, incluindo o de confecções e vestuário, é de grande importância para a economia brasileira por ser um forte gerador de empregos, devido às exportações crescentes e ao grande volume de produção. Segundos dados da Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT, 2018), ocorreu um aumento na produção de vestuário de 1% no ano de 2017 e aumento de 14,5% do faturamento do setor.

Sachs (2005) mostra que investir no setor de confecções é hoje uma forma, através da qual, as nações imersas em uma situação de miséria absoluta podem conseguir “pisar” no primeiro degrau na escada do desenvolvimento. No entanto, a produção deve ser projetada de forma eficiente para reduzir desperdícios.

Ter um *layout* bem definido e organizado faz com que o processo de produção ocorra corretamente. O desenvolvimento de bons *layouts* possibilita que os materiais, o pessoal e as informações fluam de uma forma eficiente e segura (TREIN; AMARAL, 2001). Assim, um *layout* correto é fundamental para a efetividade e eficiência operacional de uma empresa. No entanto, realizar as alterações de *layout* pode ser dispendioso e ineficaz se não forem realizadas corretamente. Atualmente as empresas estão utilizando a simulação para tomar decisões mais acertadas.

Simulação, de acordo com Ingalls (2008), é o processo de *design* do modelo de um sistema real e de condução de experimentos com este modelo com o propósito de entender o comportamento do sistema ou de avaliar várias estratégias (dentro dos limites impostos por

um critério ou por um conjunto de critérios) para a operação do sistema.

Logo, com essa nova realidade, a utilização de ferramentas de apoio a tomada de decisões e análise de um cenário adequado de produção torna-se uma vantagem para se propor um *layout* mais adequado. Com o auxílio de *softwares* como o *Flexsim*, tem-se uma possibilidade para melhorar os fluxos dentro das organizações. O uso da simulação poderá ajudar nos possíveis cenários simulados, através da modelagem e uma simulação de todo o processo.

Devido a isto, este trabalho tem como objetivo analisar problemas rotineiros em uma empresa do setor têxtil na cidade de Vitória da Conquista, Bahia, elaborando possíveis soluções, que, após aprimoramentos e aplicação, possam trazer resultados positivos à empresa na busca para aperfeiçoar o *layout* existente, avaliando e sugerindo disposições mais adequadas para o ambiente fabril.

2. ARRANJO FÍSICO

Para concretização da gestão em organizações, o termo “arranjo físico” possui diversas definições, parecidas e complementares. Uma delas define que o arranjo físico (ou *layout*) é a responsabilidade com a localização física dos recursos de transformação, ou seja, a decisão de onde posicionar todas as máquinas, instalações, equipamentos, e pessoal da produção (SLACK *et al.*, 2002).

O arranjo físico é o planejamento da localização de todas as utilidades, máquinas, áreas de atendimento ao cliente, estações de trabalho, áreas de armazenamento de materiais, banheiros, corredores, bebedouros, refeitórios, divisórias internas, salas de computador, escritórios e, ainda, a definição dos padrões de fluxo de pessoas e de materiais que circulam no ambiente (GAITHER; FRAZIER, 2001).

O projeto do *layout* é uma etapa importante do planejamento do sistema produtivo. Segundo Muther (1978), o tempo gasto no planejamento do *layout* antes de sua implantação evita grandes perdas e possibilita uma integração das modificações segundo um programa estabelecido e coerente, que permite a criação de uma sequência lógica para as modificações, além de facilitá-las.

3. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Segundo Harrell *et al.* (2000) e Law e Kelton (2000), simulação é a imitação de um sistema real modelado em computador para melhoria e avaliação de desempenho. Ou seja, simulação é tentar trazer um pouco da realidade para um ambiente controlado onde pode ser estudado o comportamento, sob diversas condições sem grandes custos envolvidos e riscos físicos.

Devido à capacidade computacional de simular o funcionamento de um sistema complicado em uma proporção pequena de tempo, a ferramenta possibilita a geração de ambientes alternativos com eficiência, e após uma avaliação de desempenho das alternativas, fornecerá uma base para melhores decisões (HILLIER; LIEBERMAN, 2006).

As etapas da formulação de um modelo podem ser resumidas em: Modelagem de dados, Verificação, Validação e Análise de resultados.

A fase de definição do modelo é uma etapa imprescindível para a simulação. Segundo Barton (1970), o conhecimento é a base para a construção de modelos. É necessário ter um conhecimento sobre o método a ser utilizado e sobre o sistema que se quer estudar. O conhecimento que se usa para construir um modelo é obtido pelo modelador através de diversas fontes (experiência, referências bibliográficas etc.).

De acordo com Naylor (1971), a formulação do modelo equivale a especificação de suas variáveis, parâmetros, relações funcionais e componentes. A modelagem de dados pode-

se resumir em: coleta de dados, tratamento dos dados, inferência e testes de aderência (CHWIF; MEDINA, 2015).

A fase de verificação, segundo Chwif e Medina (2015), está relacionada com o modelo computacional. Esta deve avaliar se as simplificações e os pressupostos foram corretamente inseridos no modelo computacional (FREITAS FILHO, 2008). Para Bateman *et al.* (2013), o modelo está pronto para ser verificado quando está funcionando da forma pretendida pelo modelador.

O processo de validação está associado ao modelo conceitual. Deve verificar se o modelo se porta como o real. A validação é o processo de se certificar que o modelo reflete a operação do sistema real de maneira que dê andamento ao problema definido (BATEMAN *et al.*, 2013).

Após a etapa de verificação e validação do modelo é obtido o modelo operacional. Um modelo de simulação trata com números aleatórios. Compreende operar a simulação por um período de tempo determinado com um único conjunto de valores aleatórios (BATEMAN *et al.*, 2013).

4. METODOLOGIA

4.1. Mapeamento do Processo

Foram realizadas visitas e observações na linha de produção, como instrumento de coleta de informações a fim de criar um fluxograma dos processos existentes. As fronteiras do sistema para este estudo serão a partir da chegada das peças cortadas, até a operação de embalagem, compreendendo o setor de costura. Logo após foram realizadas visitas *in loco* no período compreendido entre março a maio de 2018, com o intuito de compreender o funcionamento real do processo da produção das peças. Foi realizado um mapeamento do processo utilizando um fluxograma com o auxílio o *software Bizaggi*

4.2 Coleta e tratamento de dados para modelagem

Para fins deste trabalho, foi aplicado o tamanho da amostra sugerido por Chwif e Medina (2015), que propõe que o tamanho de uma amostra deve estar entre 100 e 200 observações.

Foram realizadas 100 cronometrias de cada um dos nove processos observados. Em seguida, realizou-se a análise do *boxplot* gerado pelo software *MINITAB*. Posteriormente aplicou-se o método *Kolmogorov-Smirnov* para testar a normalidade das amostras para $\alpha = 0,05$.

4.3 Modelagem e interpretação dos resultados

Após o tratamento dos dados e identificação dos parâmetros de entradas, os valores foram utilizados para criar o modelo no *software FlexSim* com base no arranjo físico e fluxo de produção. Em seguida, foi realizada a validação do modelo pelo método *Turing test*, sugerido por Harreal *et al.* (2000). Com o modelo simulado validado foi dado continuidade aos experimentos e aplicou-se os cenários sugeridos para teste.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Apresentação do processo

O foco deste estudo é o setor de costura, no qual a fábrica possui 14 máquinas disponíveis para produção tem-se: 2 máquinas para o processo de montagem (*overlock*), 4 para colocar elástico (*overlok*), 2 para passar o cóis (galonera), 5 para fazer o arremate (*overlok*), 1 para fazer o travete, 1 pessoa para retirar o fiapo, 1 pessoa para etiquetar e 1 para embalar.

5.2 Fluxograma dos Processos Produtivos

A etapa de produção analisada nesta pesquisa pode ser entendida pela análise do fluxograma do processo produtivo apresentado Figura 1.

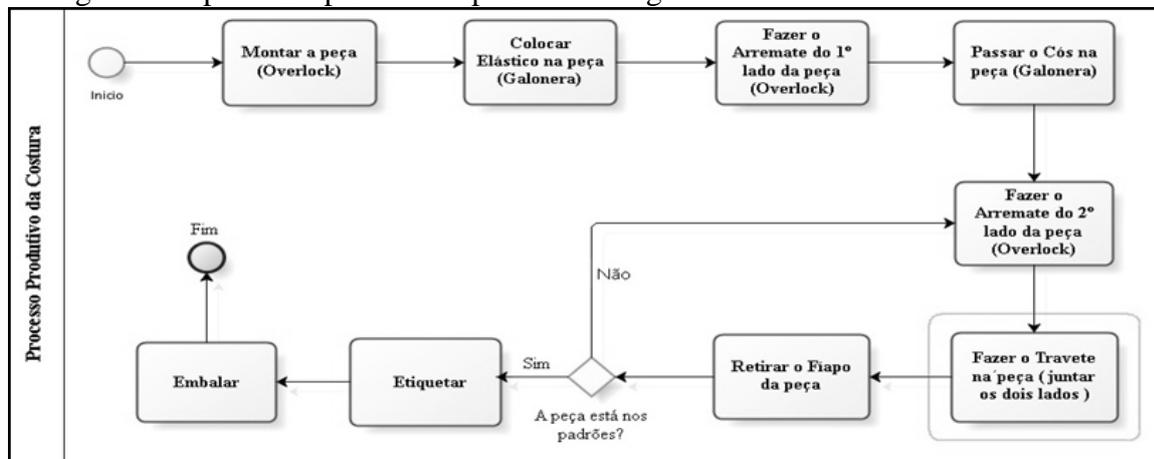


FIGURA 1 – Fluxograma do processo produtivo. Fonte: Autoria própria (2018)

Após a entrada e armazenamento das matérias primas, começa a etapa do corte do material. Logo após o corte as peças sobem para o processo de costura, onde acontece os processos que serão analisados nesta pesquisa.

A costura consiste na montagem da peça de vestuário pela junção dos vários componentes. Durante esta etapa do processo produtivo, para efetuar cada tipo de costura, utiliza-se a máquina adequada e corretamente calibrada e com os acessórios próprios.

5.2 Tratamento dos dados

Mediante a plotagem do gráfico de *Boxplot* para os processos de montar, colocar elástico, fazer o travete, etiquetar e embalar percebe-se que não existem *outliers*. Ou seja, não há valores discrepantes para amostras coletadas (FIGURA 2).

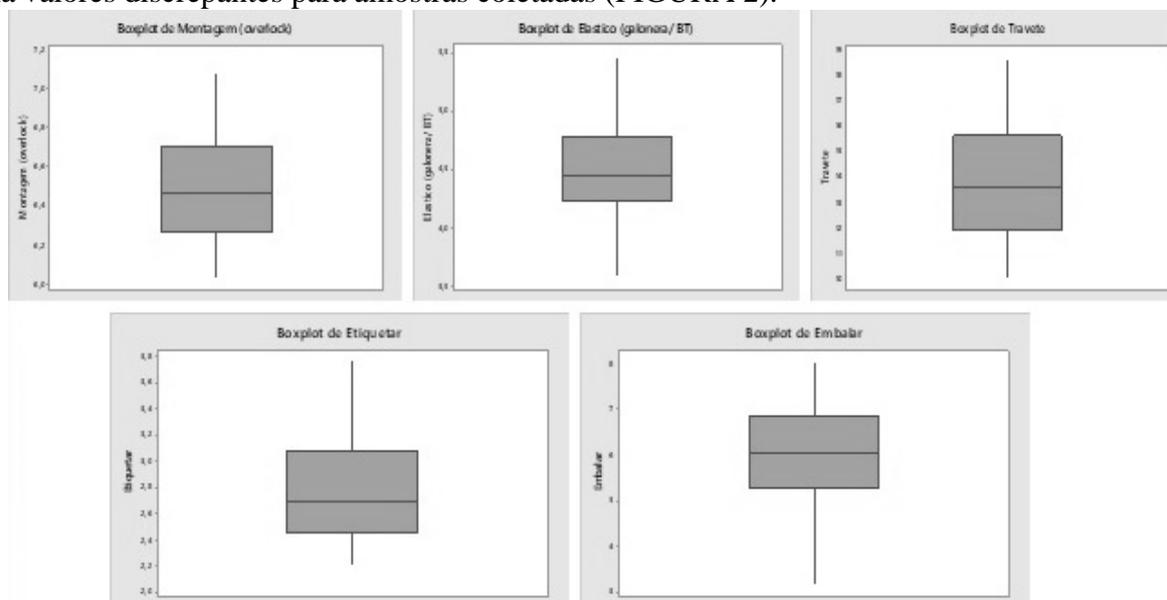


FIGURA 2 – *Boxplot* para os processos montar, colocar elástico, fazer o travete, etiquetar e embalar. Fonte: Autoria Própria (2018)

Os valores das amostras coletadas para o processo de montar a peça obtiveram valores com limite inferior igual 6,27 minutos e limite superior igual 6,7075 minutos, com amostras não discrepantes, conforme a Tabela 1.

TABELA 1 - Resumo estatístico dos tempos (min) para os processos sem *Outlier*

	Processo 01- Montar	Processo 02 - Elástico	Processo 05 - Travete	Processo 07- Etiquetar	Processo 08 - Embalar
Q_1	6,27	4,23	11,93	2,45	5,2725
Mediana	6,47	4,45	13,63	2,695	6,025
Q_3	6,7075	4,78	15,6275	3,08	6,855
Amplitude	0,4375	0,55	3,6975	0,63	1,5825

Fonte: Autoria Própria (2018)

O processo de fazer o travete apresenta um gráfico *Boxplot* com valores não discrepantes, dentro do limite inferior de 11,93 minutos e o limite superior 15,6275 minutos.

Os processos de etiquetar e embalar apresentam um gráfico *Boxplot* sem discrepância de dados com limites inferiores iguais 2,45 minutos para o primeiro e 5,2725 minutos para o segundo, e valores para limite superior de 3,08 minutos para etiquetagem e 6,855 minutos para embalagem.

Comportamentos diferentes do Gráfico *Boxplot* para os processos de arrematar a peça, passar o cóis e retirar o fiapo, podem ser analisados na Figura 3, no qual ocorreram *Outliers*.

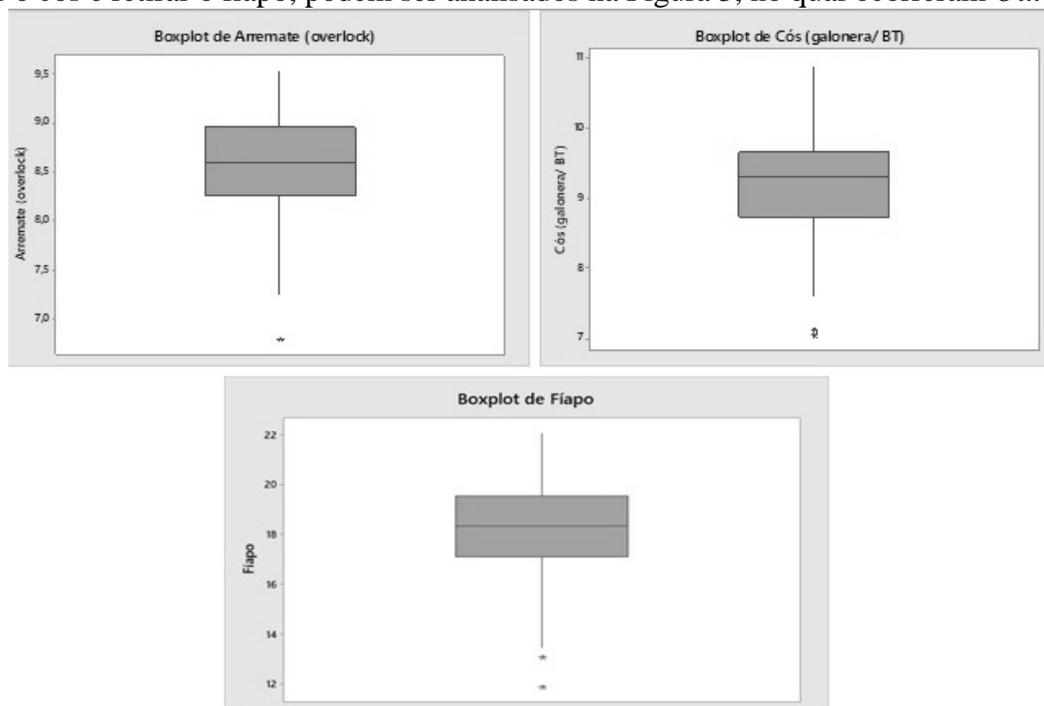


FIGURA 3 – Gráfico *Boxplot* para os processos arrematar, passar o cóis e retirar o fiapo. Fonte: Autoria Própria (2018).

A Tabela 2 do processo de arrematar a peça apresenta um gráfico *Boxplot* com limite inferior igual a 8,26 e limite superior igual a 8,9575. Dessa forma, valores abaixo que 8,26 minutos e maiores que 8,9575 minutos foram eliminados da amostra. Neste caso, o valor eliminado foi 6,80 minutos.

Tabela 2- Resumo estatístico dos tempos (min) para os processos com *Outlier*

	Processo 03 -Arremate	Processo 04 -Cós	Processo 06 - Fiapo
Q_1	8,26	8,74	17,09
Mediana	8,595	9,315	18,32
Q_3	8,9575	9,6675	19,525

Amplitude	0,6975	0,9275	2,435
Outliers	6,80	7,13 e 7,05	13,06 e 11,89

Fonte: Autoria Própria (2018)

O gráfico do processo de passar o cós, apresenta limite inferior igual a 8,74 e limite superior igual a 9,6675. Eliminaram-se os valores 7,05 minutos e 7,13 minutos.

O processo de retirar o fiapo apresenta um gráfico *Boxplot* com limite inferior igual a 17,09 e limite superior igual a 19,525. Foram eliminados os valores 11,89 e 13,06 minutos.

Novos gráficos foram plotados após a retirada dos *Outliers*, não sendo observado nenhum valor discrepante.

Posteriormente foi realizado o teste de *Kolmogorov-Smirnov* para avaliar se os dados do modelo seguem uma distribuição normal. Este teste verifica a máxima diferença absoluta entre a função de distribuição prática dos dados, e a função de distribuição acumulada assumida para os dados, no caso a Normal.

Tabela 3 - Teste de *Kolmogorov-Smirnov*

	Montar	Colocar elástico	Arrematar	Passar o Cós	Travetar	Retirar Fiapo	Etiquetar	Embalar
Distribuição	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Média	6,5004	4,5238	8,576465	9,240102	13,7868	18,19073	2,7745	5,9587
Desvio Padrão	0,297932	0,422641	0,495043	0,606141	2,356727	1,764109	0,355688	1,090273

Fonte: Autoria Própria (2018)

Utilizando o teste *Kolmogorov-Smirnov* para analisar a normalidade da amostra com $\alpha=0,05$, foi observado na Tabela 3, que em todas as amostras não foram rejeitadas a hipótese, ou seja, todas as amostras possuem distribuição Normal.

5.3 Proposta de otimização do arranjo físico

Esta seção apresentará uma proposta de melhoria no *layout* da empresa, em que o arranjo e as distâncias entre os processos foram modificados e seus resultados analisados. Foi definido um intervalo de tempo de simulação, no qual, os resultados dos indicadores de desempenho foram analisados a partir do intervalo de confiança da amostra adquirido por meio das replicações do modelo, e posteriormente comparados com os resultados obtidos sob as mesmas condições para a simulação do *layout* atual da empresa, demonstrado na Figura 4.

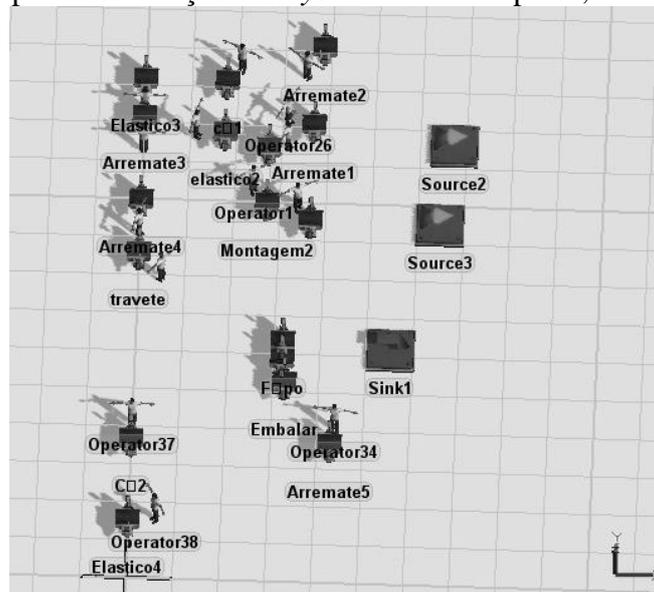


FIGURA 4 – Modelagem e Simulação do *Layout* atual da Empresa. Fonte: Aatoria Própria (2018).

Após identificar os parâmetros de entrada, foi modelado o sistema real (Figura 4). Foram realizadas 10 replicações (Tabela 4) e apresentado o modelo e os dados ao gerente de produção da empresa para realização da validação pelo *Turing test*. Não houve distinção nos dados dos modelos real *versus* simulado, validando assim o modelo.

Tabela 4 – Replicações dos sistemas simulados

Amostras	Estoque Intermediário	Produção/dia		
		Modelo Atual	Cenário 1	Cenário 2
1	658	1774	2335	3595
2	651	1765	2354	3610
3	675	1772	2340	3597
4	672	1773	2349	3593
5	672	1771	2357	3586
6	667	1767	2351	3592
7	671	1772	2338	3610
8	671	1771	2350	3598
9	670	1768	2346	3602
10	671	1767	2353	3586
Média	667,8	1770	2347,3	3596,9
Desvio Padrão	7,4654761	3,01846171	7,36432844	8,5042473

Fonte: Aatoria Própria (2018).

Após a validação, foi identificado a necessidade de reestruturação do *layout* e distribuição das atividades.

Após análise, foi observado que o processo de passar elástico na peça estava ocioso, no entanto o processo de retirar fiapo se “comportou” como um gargalo na linha de produção. Como o processo de retirar o fiapo da peça não necessita de investimento em equipamentos, apenas realocação de mão de obra, foi sugerido ao cenário 1, transferir o operador que estava ocioso no processo do elástico para ocupar a função no processo de retirar fiapo. A Figura 5 apresenta a modelagem e simulação proposta para otimização do arranjo físico da empresa.

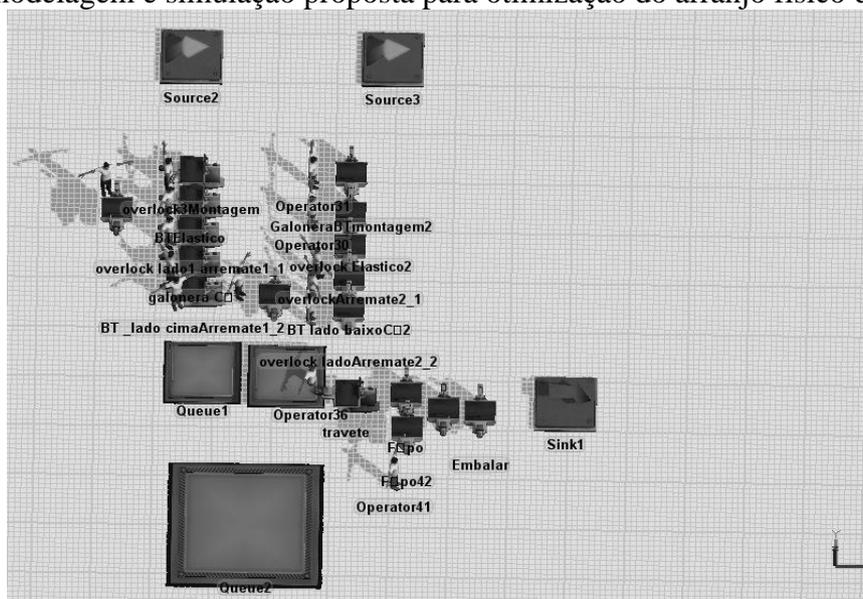


FIGURA 5 – Cenário 1. Fonte: Aatoria Própria (2018).

Após análise do cenário 1 proposto na Figura 5, foi observado que o arranjo físico reduziu o estoque e aumentou a produção. O *layout* atual obteve uma média de 1770 peças produzidos, e passou a ser 2347,3 de produção diária com adição do processo de retirar o

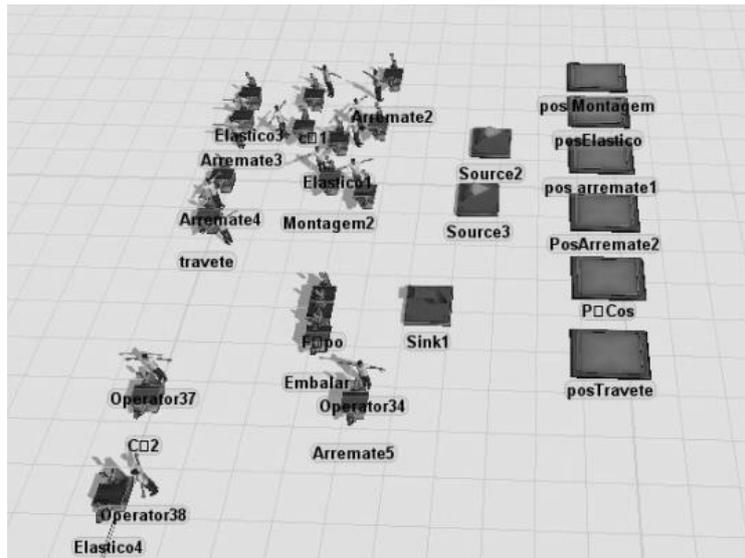


FIGURA 7 – Modelagem e Simulação da Proposta de Otimização do Layout da Empresa com estoque total intermediário. Fonte: Autoria Própria (2018).

De acordo com a Figura 7, pode ser analisado a necessidade de criação de um estoque intermediário entre os gargalos, para que, caso ocorra algum imprevisto, este supra a demanda pelo tempo de uma hora. No caso do primeiro cenário proposto, o gargalo era o fiapo (com 524 peças no gargalo), e para o cenário 2, era o travete (com 199 peças no gargalo). A adição deste estoque entre as filas foi utilizada para suprir as necessidades, e não gerar gargalo, evitando a perda de tempo na produção.

Analisando o modelo proposto (de acordo aos dados da Tabela 4) o estoque intermediário do sistema atual gera uma quantidade diária de 667,8 peças. Na aplicação das propostas, o estoque intermediário do cenário 1 reduziu para 524 (21,53%) peças por dia. Este foi mantido para atender as necessidades acima citada. Como o cenário 1 recebe itens de duas linhas de produção para ser processado pelo gargalo, houve a necessidade de manter o estoque de 1 hora para cada uma das linhas. Na aplicação do cenário 2, a redução foi de 70,21%, caindo para 199 unidades.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A simulação computacional mostrou-se aplicável na criação de novos modelos relacionados aos elementos do sistema estudado e adequados para análise de diferentes cenários operacionais, e ainda proporcionar de maneira eficiente a aquisição de conhecimento sobre o sistema de produção simulado.

A vantagem do primeiro cenário proposto é que não acarretaria nenhum gasto financeiro em investimento de equipamentos, porém, com alocação do funcionário para realização de uma nova tarefa, há uma necessidade de investir em tempo e treinamento para este operário.

O segundo cenário, com a adição dos processos de um fiapo e um travete na linha de produção, seria o mais indicado por trazer os melhores resultados, de acordo a análise realizada. A produção aumentaria em 103,21% com este cenário, contudo, haveria um gasto com a aquisição de uma nova máquina de travete, ou como sugestão, o reparo na máquina já existente que não está sendo utilizada

Como sugestões para estudos futuros, têm-se o estudo do impacto da otimização do arranjo físico após a instalação do novo cenário, a fim de demonstrar sua eficiência produtiva.

REFERÊNCIAS

- ABIT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÕES. Economia. Disponível em: <<http://www.abit.org.br/>>. Acesso 07 de abr.2018.
- BARTON, R. F. A primer on simulation and gaming. EnglewoodCliffs, NewJersey: Prentice-Hall, 1970.
- BATEMAN, R. et. al. Simulação de sistemas: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 161 p.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C. Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria & Aplicações / Leonardo Chwif, Afonso C. Medina. – 4. ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- FREITAS FILHO, P. J. Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena. 1ª Edição. Florianópolis: Visual Books, 2008.
- GAITHER, N; FRAZIER, G. Administração da produção e operações. São Paulo: Pioneira, 2001.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisas. São Paulo: Atlas, 2002.
- HARRELL, C. R.; GHOSH, B. K.; BOWDEN, R. Simulation using ProModel. Boston: McGraw-Hill, 2000.
- HILLIER, F. S., LIEBERMAN, G. J. Introdução a Pesquisa Operacional. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
- INGALLS, Ricki G. Introduction to simulation. In: Proceedings of the 40th Conference on Winter Simulation. Winter Simulation Conference, 2008.
- LAW, A. M.; KELTON, W. D. Simulation modeling and analysis. 3. ed. Boston: McGraw-Hill, 2000.
- MUTHER, Richard. Planejamento do layout: Sistema SLP. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1978.
- NAYLOR, T.H. et al. Técnicas de simulação em computadores. São Paulo: Editora Vozes, 1971.
- SACHS, Jeffrey. Trad. Pedro Maia Soares. O fim da pobreza. São Paulo: Companhia das letras, 2005.
- SLACK, N. et al. Administração da Produção. Editora Atlas, 2002.
- TREIN, F.; AMARAL, F. A Aplicação de Técnicas Sistemáticas para a Análise e Melhoria de Layout de Processo na Indústria de Beneficiamento de Couro. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Anais. 21, 2001.
- YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Bookman, 5 ed. Porto Alegre:, 2014.

Abstract. The textile sector is of great importance for the Brazilian economy, it is a strong generator of jobs, due to the increasing exports and the great volume of production. In addition, the textile industry has a strong role in national development, enhances people's productive capacity and creates employment opportunities. Thus, production must be designed efficiently to reduce waste and provide greater profitability. Therefore, this work aims to analyze routine problems in a company of the sector, proposing solutions in the search for improvement of the layout, evaluating and suggesting more appropriate dispositions for the environment. In order to reach the objectives, computational simulation was used as tools to make decisions, two scenarios were analyzed using Flexsim software to choose the layout that provides better results. The simulations indicated that the two proposed scenarios generated improvements to the production system. The first one, with addition of a lint in the production line had a 32.61% increase in production. On the other hand, the second scenario, with the addition of lint and a cross-machine, provided a 103.21% increase in production. Therefore, these results demonstrate the importance of simulation for manufacturing improvements, impacting productivity and profitability in organizations.

Keywords: Physical Arrangement; Simulation; Textile industry; Optimization.