

INTEGRAÇÃO ENTRE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL E MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR: UMA PESQUISA-AÇÃO EM UM PROCESSO PRODUTIVO

Jose Carlos do Prado Junior (UNIFEG)

josecarlospradojr@hotmail.com

RODRIGO FURLAN DE ASSIS (PUC)

furlanassis123@hotmail.com

Cintia Blaskovsky Portilho Gomes (UNIFEG)

cintiablasky@gmail.com

Rodrigo Lanzoni Fracarolli (UNIFEG)

rodrigofracarolli@gmail.com



O cenário econômico atual requer que as empresas busquem formas de reduzir os custos e atender às exigências de um mercado cada vez mais competitivo. Dessa maneira, otimizar a utilização dos recursos disponíveis e a eliminação dos desperdícios são fatores que se tornam imprescindíveis para obtenção de vantagem competitiva. Entre as ferramentas que possibilitam identificar desperdícios o mapeamento de fluxo de valor (MFV) se torna relevante, pois além de permitir uma visão ampla de um determinado sistema, possibilita identificar gargalos e desperdícios organizacionais. Apesar de ser de grande auxílio, o MFV é um processo baseado em um relato estático do momento em que o mapeamento foi realizado. Para inserir maior dinamismo ao processo, a simulação computacional é uma ferramenta capaz de complementar o MFV. Com base nisso, o objetivo deste estudo é desenvolver cenários de integração entre o MFV e o modelos de simulação computacional de uma linha de produção de um forno de panificação, em uma empresa no processo de implementação de um fluxo de valor enxuto. De modo geral, a aplicação da simulação em conjunto com o MFV permitiu elaborar modelos diferentes do estado atual e verificar qual dos cenários testados apresentam os melhores resultados, garantindo assim uma otimização do processo de tomada de decisão.



Palavras-chave: Produção enxuta, mapeamento de fluxo de valor, simulação computacional.

1. Introdução

Dentro do contexto da Competição Baseada no Tempo, as empresas têm buscado, constantemente, melhorias em processos, com o intuito de redução de *lead time*, possibilitando assim redução de custos e aumento da capacidade produtiva (BARCO, 2016).

Para tanto, as técnicas e ferramentas presentes no *lean manufacturing* (manufatura enxuta), tendem auxiliar no processo de identificação de desperdícios, permitindo a elaboração de planos de ação eficientes para promover tal redução (SILVA, 2013).

Nos últimos anos, o mapeamento de fluxo de valor (MFV) se tornou um dos métodos mais utilizados no processo de implementação da manufatura enxuta. Porém, há certa dificuldade em mensurar classes de dados de um processo, resultando em visões simplificadas da realidade, uma vez que o processo se baseia em um relato estático do estado atual no momento que o mapeamento foi realizado (LIAN; VAN LANDEGHEM, 2002; DAL FORNO et al., 2014).

Assim, Standridge e Marvel (2006) reforçam que a simulação complementa as técnicas e os métodos utilizados na manufatura enxuta, entre eles o MFV. Neste sentido, Lima et al. (2016) propõem que a integração da simulação ao MFV é uma maneira de inserir dinamismo a tradicional técnica, uma vez que contrapõe a ideia de relato estático do estado atual.

Dessa forma, o objetivo deste estudo é desenvolver cenários de integração entre o MFV e o modelo de simulação computacional para emular e verificar o melhor cenário de uma linha de produção de um forno de panificação, em uma empresa no processo de implementação de um fluxo de valor enxuto.

O artigo está dividido em cinco seções, tendo incluso a introdução. A fundamentação teórica é a segunda seção, sendo que a metodologia de pesquisa é apresentada na terceira seção. A seção quatro traz os resultados e discussões e na quinta seção, as considerações finais.

2. Revisão da literatura

2.1. Modelagem e simulação

O processo de modelagem e simulação é uma experimentação de ordem computacional, na qual podem ser usados modelos de sistemas reais ou idealizados para o estudo de problemas reais de natureza complexa e dinâmica, com o objetivo de testar diferentes alternativas operacionais a fim de encontrar e propor melhores formas de operação que visem ao entendimento do sistema ou sua possível melhoria (BELLINGER, 2004; CHWIF et al., 2006; KELTON et al., 2009).

Sobre o processo de modelagem e simulação, Sterman (2000) afirma que tal processo faz parte de um contexto iterativo de aprendizado, pois permite a formulação de diversas hipóteses, a execução exaustiva de testes e sua contínua revisão, e por isso, faz parte do processo cognitivo do ser humano quanto ao que o relaciona com o meio e com outros seres.

Contudo, segundo Freitas Filho (2008) os erros relacionados com o uso da simulação estão associados com aqueles que utilizam a simulação com o intuito de obter respostas rápidas do modelo simulado. Para o autor é possível destacar os seguintes erros nos decorrentes ao processo de modelagem e simulação: pouco conhecimento sobre a ferramenta utilizada, equívoco na utilização de inferências estatísticas menos precisas e definição incorreta dos objetivos do modelo e sistema a ser modelado.

De acordo com Chwif et al. (2006), a simulação pode ser classificada em três categorias: (1) Simulação de Monte Carlo: é o método estatístico capaz de simular valores para análise dos fenômenos que influenciam os resultados futuros; (2) Simulação contínua ou dinâmica: a modelagem de dados dinâmicos sofre mudanças contínuas ao longo do tempo; (3) Simulação de eventos discretos (SED): é uma categoria de modelagem computacional que permite análises estatísticas.

A SED é utilizada para emular os processos de chão de fábrica, com ênfase nas análises estatísticas, sendo que as principais preocupações da SED são os fluxos de materiais, os níveis de estoque de produto acabado e em processo, o desempenho dos recursos de produção e dos processos. Além disso, a SED modela o comportamento de uma ampla variedade de sistemas em pesquisas de engenharia, entre as quais se destacam programação de produção, confiabilidade, tráfego e transporte, controle de estoque, fabricação, defesa, finanças,

telecomunicações e sistemas de computadores (KROESE et al., 2011; DOMINGOS et al., 2015).

Para Kroese et al. (2011), dois elementos são principais em um estudo de SED: (1) a coleção de variáveis / atributos necessários para descrever o sistema em um determinado momento, em relação ao objeto de estudo; (2) a existência de um evento que pode alterar o estado do sistema (cada evento é caracterizado por: hora do evento e tipo de evento).

Para Johansson et al. (2009), a tecnologia de utilização de SED tem evoluído rapidamente, devido às centenas de publicações acadêmicas e novos recursos de software são lançados anualmente. Gavira (2003) afirma que houve um aumento de software de linguagem SED no mercado devido ao crescimento da utilização da simulação. Entre eles, pode-se destacar o *Arena*, *FlexSim*, *Promodel*, entre outros.

2.1.1. Passos para simulação

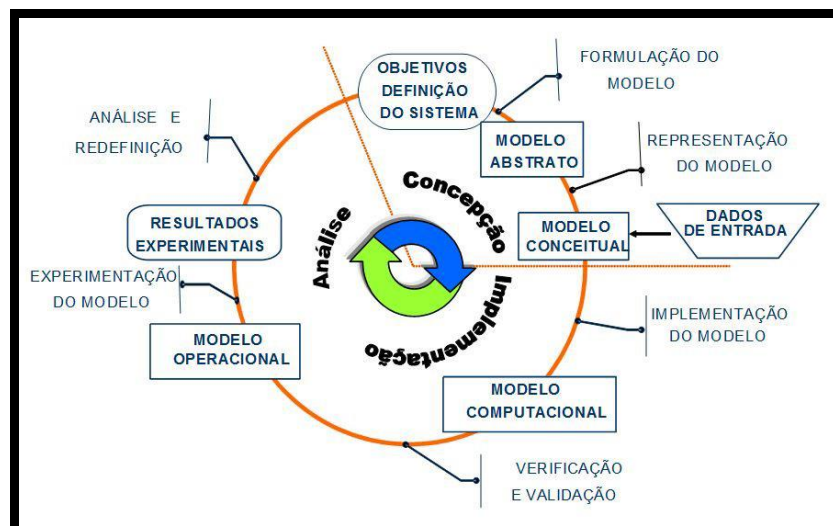
Chwif et al. (2006) destacam que a simulação pode ser desenvolvida em 3 passos: Concepção, Implementação e Análise, conforme Figura 1. Na concepção são definidos os subprocessos de definidos estruturas iniciais do modelo, bem como os objetivos das análises. Na implementação é estruturado o processo de modelagem em um software de simulação. Já na análise são propostos os experimentos e as análises necessárias para a tomada de decisão.

Conforme Chwif et al. (2006), o processo de modelagem e simulação não deve ser considerado estudo linear, devendo-se imaginar que seja um processo em espiral, conforme a Figura 1. Para os mesmos autores, cada etapa é representada por meio dos seguintes passos:

- a) Definição do sistema e objetivos: Delimita as fronteiras do sistema, bem como suas restrições e modo de funcionamento;
- b) Modelo Abstrato: Entendimento e construção do modelo mental do objeto de estudo;
- c) Modelo Conceitual: Utilização de modelos gráficos para definir os componentes, descrever as variáveis e interações (lógicas) que constituem o sistema;
- d) Modelo Computacional: Nesta fase o modelo conceitual é convertido em um modelo computacional, sendo necessária a utilização de ferramenta de programação;

- e) Modelo Operacional: Nessa fase ocorre a verificação e validação do modelo. Ainda, é possível conduzir experimentos ou mesmo rodadas de simulação;
- f) Resultados Experimentais: Corresponde à execução da simulação para gerar os dados esperados, bem como executar as análises dos resultados.

Figura 1 - Passos para simulação



Fonte: Chwif et al (2006).

2.2. Mapeamento de fluxo de valor

O MFV tem como princípio básico viabilizar uma visão macro de um determinado sistema, possibilitando identificar gargalos e desperdícios organizacionais. Além disso, aplicando o

MFV é possível realizar o *relayout* de uma organização, identificando formas de reduzir desperdícios e, conseqüentemente, maximizar os ganhos em um processo (ROTHER; SHOOK, 2003; FERRO, 2007).

Rother e Shook (2003) caracterizam o MFV como uma ferramenta essencial para o contexto da mentalidade enxuta, pois auxilia na visualização do processo como um todo, não apenas os processos individuais. Além disso, apoia a identificação dos desperdícios e suas fontes, bem como oferece uma linguagem comum para tratar os processos de manufatura.

Ainda segundo os autores, para o desenvolvimento do MFV é necessário: (1) selecionar um grupo de produtos que tem processos similares; (2) desenhar o mapa atual e desenvolver o estado futuro (verificação do estado atual no chão de fábrica e são traçadas possíveis melhorias, com a definição do mapa de estado futuro); (3) Planejamento de como alcançar o estado futuro e implementá-lo.

O MFV trata-se de uma ferramenta que permite visualizar todo o processo produtivo, representando o fluxo de materiais e informações, bem como possibilita a identificação das atividades que agregam ou não valor para a operação de manufatura (ABDULMALEK, RAJGOPAL, 2007; JASTI, SHARMA, 2014).

2.3. Integração do MFV e simulação computacional

Segundo Robinson et al. (2012), o MFV e a simulação são técnicas que possuem objetivos semelhantes, uma vez que procuram otimizar os processos. Ali et al. (2015) destacam algumas razões para a integração do MFV e a simulação:

- Colabora no planejamento do processo no estado futuro;
- Possibilita a verificação o impacto das alterações e auxilia a responder questionamentos dinâmicos sobre o processo;
- Apresenta medidas quantitativas mais precisas, devido a sua capacidade de lidar com dados tanto determinísticos quanto estocásticos.

Com base nisso, Abdulmalek e Rajgopal (2007), utilizaram a simulação na indústria de processos contínuos como forma de quantificar os ganhos provenientes da aplicação das técnicas *lean*, mediante ao MFV. Gurumurthy e Kodali (2011) aplicaram a simulação em um processo de fabricação de portas e janelas de PVC para emular o mapa atual e mapa futuro do MFV.

Já Shararah et al. (2010), aplicaram a combinação do MFV com a simulação em um processo de manufatura, utilizando o *software ExtendSim*. A simulação adicionou o tempo para a execução das atividades, enquanto o MFV apresentou a importância de atividades que agregam valor.

Rajenthirakumar et al. (2012) aplicaram MFV para identificar oportunidades para técnicas *lean* e testar estratégias de eliminação de gargalo, em uma fabricante líder de máquinas têxteis. Os autores, que utilizaram o software Arena para verificar cenários que gerassem aumento nos quesitos disponibilidade de máquina e de valor agregado.

3. Metodologia

3.1. Contexto

Neste trabalho, os pesquisadores estão inseridos diretamente no local estudado, contribuindo diretamente com o ambiente pesquisado. De acordo com Silva e Menezes (2005), este tipo de estudo é classificado como uma pesquisa ação.

A partir disso, a presente pesquisa foi realizada em uma linha de produção de um forno de panificação, sendo possível realizar a coleta de dados e entender as particularidades dos processos, desde a compra de matéria prima e insumos até a entrega para o cliente final.

3.2. Caracterização da empresa pesquisada

O estudo foi realizado em uma empresa metalúrgica de pequeno porte. A principal atividade encontrada na empresa é a manufatura de chapas metálicas para máquinas agrícolas e

locomotivas.

Apesar do forno de panificação não ser o principal produto da empresa, para a sua manufatura são necessários todos os processos tradicionais de conformação. Contudo, alguns processos são realizados por prestadores de serviços especializados, com o acompanhamento dos responsáveis pelo projeto.

Os dados foram coletados *in loco*. O *software* utilizado na presente pesquisa é o *Arena*®, *software* de simulação com ambiente gráfico integrado, possuindo recursos que permitem analisar dados estatísticos, modelagem de processos, animação e resultados. Esse contexto atribui ao *software* caráter facilitador para fins de aprendizado (LIRA JUNIOR et al., 2012).

4. Resultados e discussões

4.1. Descrição do processo a ser modelado

O processo produtivo do item estudado se inicia após o cliente indicar as especificações para o produto. Tal processo está inserido em um ambiente *make to order*, onde após a solicitação do cliente, são verificadas as necessidades de materiais e enviadas ordens de compras para os devidos fornecedores.

O recebimento das matérias primas na empresa é realizado por um colaborador específico do setor. Algumas dessas matérias primas são processadas, enquanto outros componentes são enviados para seus respectivos postos de montagem. Os componentes metálicos são processados em uma máquina de corte a *laser*, onde adquirem forma de acordo com as especificações do projeto. Posteriormente, são realizadas processo de conformação de acordo com as especificações necessárias para o processo de montagem.

Na área de montagem os subprodutos são ajustados de acordo a gabaritos, onde três conjuntos independentes são processados em uma única linha produtiva e por um único colaborador. Vale ressaltar que tais conjuntos podem ser processados paralelamente, e que a etapa seguinte, o processo de soldagem, só pode ser iniciada após a conclusão dos três conjuntos. Após a soldagem, é aplicada uma camada de tinta na estrutura e acrescentados os demais componentes (motor, revestimento térmico, componentes eletrônicos e acessórios externos).

Finalizado o processo de montagem final, o produto é submetido a uma série de testes de qualidade, sendo embalado em estruturas que garantem a segurança. Uma vez que o produto esteja na expedição, o transporte é feito via transportadora e entregue ao cliente.

Prado Junior et al. (2016) aplicaram o MFV na linha do forno de panificação, em questão, conforme pode ser observado na Figura 2. Com a utilização da ferramenta, foi possível mapear o estado atual e verificar o tempo de fabricação do produto (66,67 horas) e observar oportunidades de melhoria. A Tabela 1 apresenta os dados coletados para tal análise.

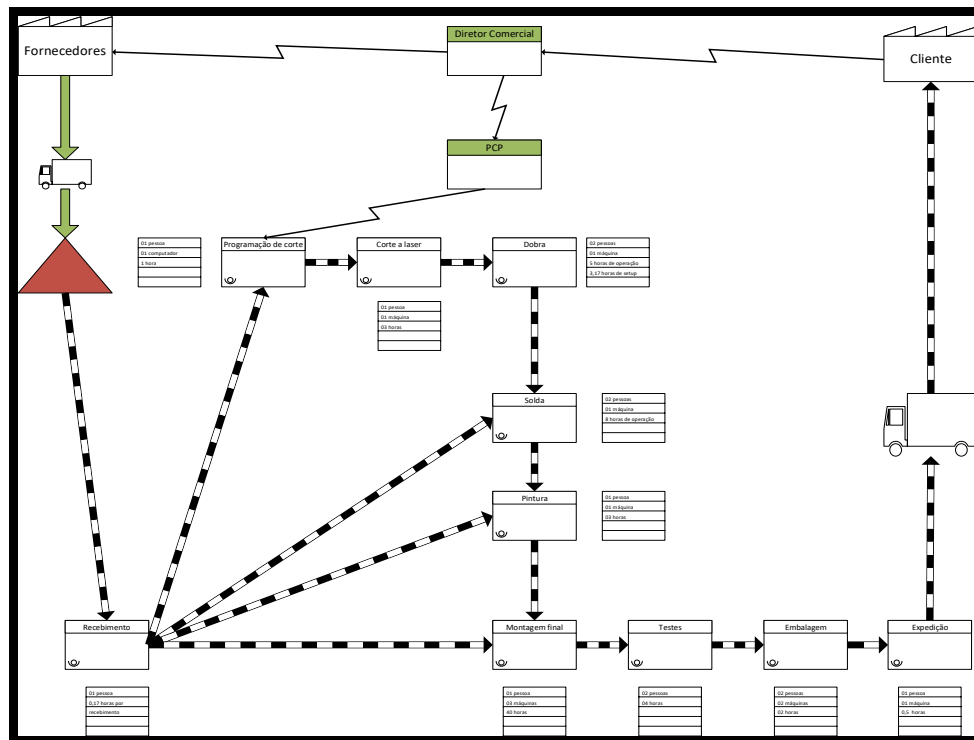
Na mesma pesquisa se elaborou uma proposta de mapa futuro, no qual as melhorias inseridas previam uma redução do tempo de fabricação de 66,67 horas para 39,67 horas. Porém, como a proposta ainda não havia sido implementada, não foi possível verificar os resultados após as melhorias propostas.

Tabela 1 - Dados dos indicadores coletados

Indicadores Processos	Setup Horas	Colaboradores	Tempo Operacional (Horas)	Máquinas	Tempo Espera (Horas)
Recebimento	0,05	1	0,17	0	0
Programação de Corte	0,002	1	1	1	0
Corte a Laser	0,002	1	3	1	0
Dobra	3,17	2	5	1	0
Solda	0,005	1	8	1	5
Pintura	0,009	1	3	1	5
Montagem Final	0,01	1	40	3	0
Teste	0,002	2	4	0	0
Embalagem	0,007	2	2	1	0
Expedição	0,011	1	0,5	1	0
Total	3,27	13	66,67	10	10

Fonte: Prado Junior et al (2016).

Figura 2 - MFV do processo produtivo



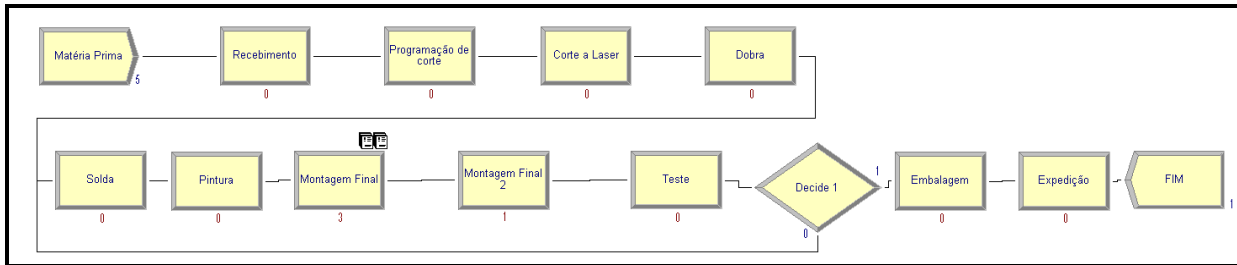
Fonte: Prado Junior et al. (2016).

4.2. Modelo simulado

Com base nos dados coletados no estudo de Prado Junior et al. (2016) foram desenvolvidos quatro diferentes modelos de estado futuro, com o intuito de ampliar a capacidade de tomada de decisão. Como constatado na Tabela 2, o processo de montagem final é o principal gargalo da linha de produção. Dessa forma, esse processo é o principal foco de alterações com o objetivo de reduzir o tempo de processamento.

No modelo 1, ocorre a divisão do processo de montagem final em dois postos, um em sequencia do outro, onde cada um faz parte da montagem dos componentes. Nesse caso, o tempo de processamento do estado atual é dividido entre os dois postos de montagem final.

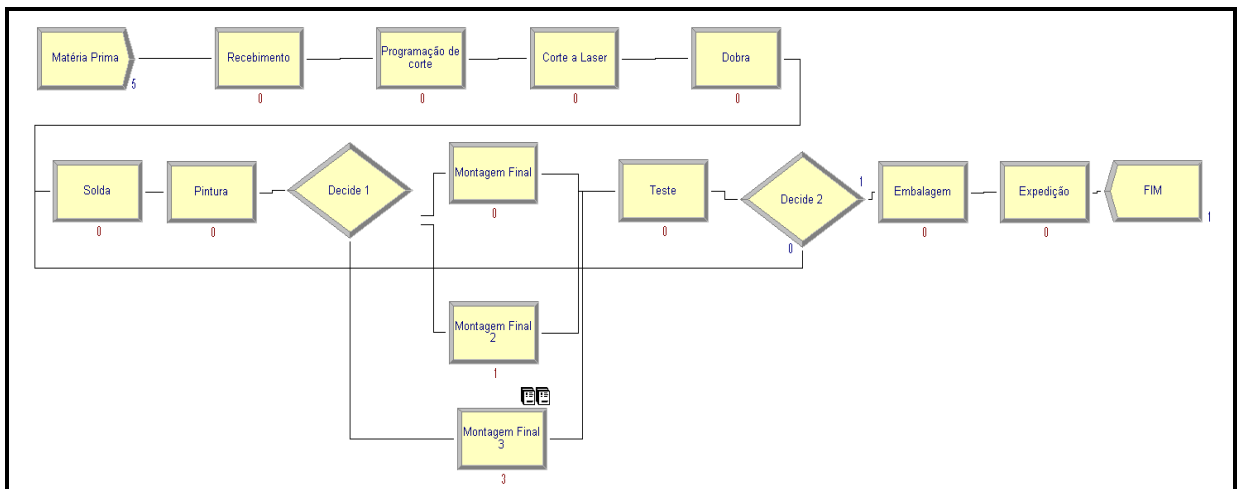
Figura 3 - Modelo 1



Fonte: Elaborado pelos autores.

No modelo 2, são inseridos 03 postos de montagem final, com cada um realizando a montagem completa. Dessa forma, o tempo de processamento do estado atual é mantido e replicado para cada posto presente, porém cada um vai realizar o processo de montagem de todo o forno simultaneamente aos demais postos com o mesmo fim.

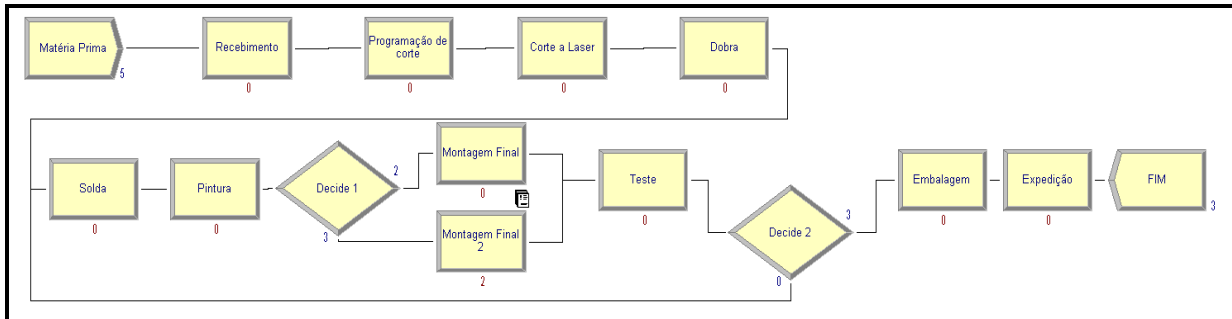
Figura 4 - Modelo 2



Fonte: Elaborado pelos autores.

O modelo 3 apresenta a utilização de dois postos de montagem final, com dois colaboradores em cada posto, o que ocasiona em diminuição de 50% do tempo de processamento atual em cada posto.

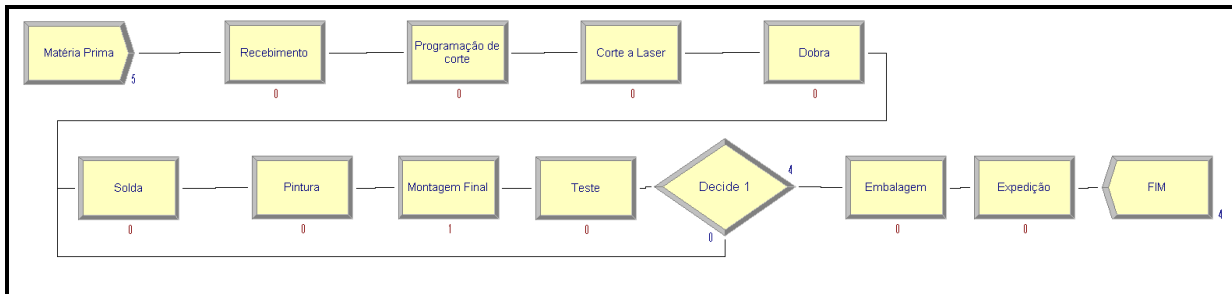
Figura 5 - Modelo 3



Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim, o modelo 4 apresenta apenas um posto de montagem final, com quatro colaboradores trabalhando em um mesmo produto, assim reduzindo o tempo de processamento atual em 75%.

Figura 6 - Modelo 4



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados utilizados em todos os quatro cenários foram utilizados conforme a Tabela 2. Para o processo de teste, foi utilizada a ferramenta *Decide*, que de acordo com dados históricos, apresenta que nesta etapa ocorre um percentual de 99% de aprovação dos produtos, enquanto apenas 1% necessita de retrabalho e não ocorrendo descarte de produtos. Para todos os modelos foi considerado o tempo de 69,94 horas de replicação e turnos de 24 horas por dia.

O modelo 1 utilizou 13 colaboradores para produzir, ao final do tempo de replicação, 01 forno completo. O modelo 2 utilizou 14 colaboradores para produzir, ao com o mesmo tempo de

replicação, 01 forno completo. O modelo 3 utilizou 15 colaboradores para produzir 03 fornos completos. Por fim, o modelo 4 utilizou 15 colaboradores para produzir 04 fornos completos. As tabelas 2, 3 e 4 apresentam os resultados obtidos com relação a taxa de ocupação, número de produtos em espera e tempo de espera, respectivamente.

Tabela 2- Resultados da taxa de ocupação

Taxa de Ocupação				
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Corte laser	21,46%	21,46%	21,46%	21,46%
Dobra	58,41%	58,41%	58,41%	58,41%
Embalagem	2,87%	2,87%	8,60%	11,48%
Expedição	0,73%	0,73%	2,19%	2,92%
Montagem final	66,85%	57,21%	57,21%	66,85%
Montagem final 2	38,24%	43,48%	55,16%	-
Montagem final 3	-	55,16%	-	-
Pintura	21,51%	21,51%	0,052	21,51%
Programação de corte	7,16%	7,16%	0,1385	7,16%
Solda	57,23%	57,23%	0	57,23%
Testes	5,72%	5,72%	0	22,89%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 3 - Resultados do número de produtos em espera

Número de produtos em espera (média/horas)				
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Corte laser	0,286	0,286	0,286	0,286
Dobra	0,7389	0,7389	0,7389	0,7389
Embalagem	0	0	0	0
Expedição	0	0	0	0
Montagem final	1,0269	0	0	0,262
Montagem final 2	0	0	0,2536	-
Montagem final 3	-	0,5192	-	-
Pintura	0	0	0,052	0
Programação de corte	0,1385	0,1385	0,1385	1,9369
Solda	0	0	0	0
Testes	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 4 - Resultados do tempo de espera

Tempo de espera (média/horas)				
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Corte laser	4	4	4	4
Dobra	10,336	10,336	10,336	10,336
Embalagem	0	0	0	0
Expedição	0	0	0	0
Montagem final	11,835	0	1,8325	3,665
Montagem final 2	0	0	1,8325	-
Montagem final 3	-	0	-	-
Pintura	0	0	0	0
Programação de corte	1,9369	1,9369	1,9369	1,9369
Solda	0	0	0	0
Testes	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados permitem constatar que com a utilização de 04 colaboradores no processo de montagem final, o número de produtos acabados tem um aumento significativo. Isso pode ser observado nos resultados dos cenários 3 e 4, onde tal ação ocorreu e resultou em 3 e 4 fornos acabados, respectivamente, enquanto os cenários 1 e 2 resultam em apenas 01 forno acabado.

É evidente que com o acréscimo de colaboradores no processo de montagem final, consequentemente acrescenta colaboradores na linha produtiva como um todo. Porém, vale destacar que a empresa possui outros segmentos de atuação. Ou seja, os colaboradores podem exercer suas atividades em outros projetos da empresa. Além disso, em caso de uma demanda alta e constante, o ganho com o aumento da produtividade com o acréscimo de colaboradores é considerável, tornando assim a empresa mais competitiva.

Outra informação que os resultados apresentam é a maior taxa de utilização dos processos sequentes ao de montagem final, consequência do maior número de produtos que são processados.

5. Considerações finais

O presente estudo teve objetivo de desenvolver um modelo de integração do MFV e o modelo de simulação computacional para auxiliar a definir o melhor cenário de uma linha de

produção de um forno de panificação, em uma empresa no processo de implementação de um fluxo de valor enxuto. O MFV apresenta uma visão simplificada dos processos produtivos, facilitando o no processo de identificar e entender possíveis dificuldades presentes no ambiente fabril. Além disso, proporciona informações que podem ser utilizadas para otimizar o processo.

A aplicação da simulação em conjunto com o MFV permitiu estudar 04 modelos diferentes do estado atual sem a necessidade de interromper e alterar a linha produtiva, evitando assim desperdício de recursos. Dentre os 04 modelos, foi possível verificar que o último cenário testado apresenta o maior número de produtos acabados, e mesmo que para realização de tal cenário aumente o número de colaboradores, a relação custo x benefício ao longo do tempo é satisfatórias.

O estudo também pode ser utilizado pelos gestores da empresa para adotar estratégias de acordo com a variação de demanda, pois cada modelo pode se adaptar a situações diferentes, aumentando a gama de opções para a tomada de decisão. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi alcançado de maneira satisfatória, sendo possível associar duas ferramentas e analisar os efeitos das alterações em um processo de fabricação.

REFERÊNCIAS

ABDULMALEK, Fawaz. A.; RAJGOPAL, Jayant. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: a process sector case study. *International Journal of Production Economics*, v. 107, n. 1, p. 223–236, mai., 2007.

ALI, Nauman Bin; PETERSEN, Kai; FRANÇA, Breno Bernard Nicolau. Evaluation of simulation-assisted value stream mapping for software product development: two industrial cases. *Information and Software Technology*, v. 68, p. 45-61, dez., 2015.

BARCO, Clarissa Fullin. O efeito do tamanho do lote de transferência no lead time em um ambiente *flow shop*: uma análise quantitativa. 161 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, 2016.

BELLINGER, Gene. Knowledge management - emerging perspectives. *Systems thinking*, 2004. Disponível em: < <http://www.systems-thinking.org/kmgmt/kmgmt.htm> > Acesso em: Jan, 2017.

CHWIF, Leonardo; PAUL, Ray J.; BARRETO, Marcos Ribeiro Pereira. Discrete event simulation model reduction: a casual approach. *Simulation Modelling Practice and Theory*, v. 14, n. 7, p. 930-944, out., 2006.

DAL FORNO, Ana Julia; PEREIRA, Fernando Augusto; FORCELLINI, Fernando Antonio; KIPPER, Liane M. Value stream mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of lean tools. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 72, n. 5, p. 779-790, 2014.

DOMINGOS, Jean Carlos; POLITANO, Paulo Rogerio; PEREIRA, Neocles Alves. Simulação computacional híbrida de sistemas e eventos discretos para o auxílio ao processo SOP. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXV. Fortaleza. Anais... Fortaleza: ABEPRO, 2015.

FERRO, José Roberto. A essência da ferramenta mapeamento do fluxo de valor. Lean Institute Brasil, São Paulo, 2007. Disponível em: < <http://www.lean.org.br/artigos/61/a-essencia-da-ferramenta-mapeamento-do-fluxo-devalor.aspx>> Acesso em: Jan, 2017.

FREITAS FILHO, Paulo José. Introdução à modelagem e simulação de sistemas com aplicações em arena. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

GAVIRA, Manuel de Oliveira. Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento. 150 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003.

GURUMURTHY, Anand; KODALI, Rambabu. Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation: a case study. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 22, n. 4, p. 444-473, 2011.

JASTI, Naga Vamsi Krishna; SHARMA, Aditya. Lean manufacturing implementation using value stream mapping as a tool: a case study from auto components industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, v. 5, n. 1, p. 89-116, 2014.

JOHANSSON, Björn; SKOOGH, Anders; MANI, Mahesh; LEONG, Swee. Discrete event simulation to generate requirements specification for sustainable manufacturing systems design. In: *Proceedings of the 9th Workshop on Performance Metrics for Intelligent Systems*. ACM, 2009. p. 38-42.

KELTON, W. David; SADOWSKI, Randall P.; ZUPICK, N. *Simulation with Arena*. McGraw-Hill, 2009.

KROESE, Dirk P.; TAIMRE, Thomas; BOTEV, Zdravko I. *Discrete Event Simulation. Handbook of Monte Carlo Methods*. Wiley, p. 281-300, 2011.

LIAN, Yang-Hua; VAN LANDEGHEM, Hendrik. An application of simulation and value stream mapping in lean manufacturing. In: Proceedings 14th European Simulation Symposium. SCS Europe BVBA, 2002. p. 1-8.

LIMA, Danilo Felipe Silva; ALCANTRA, Paulo Guilherme de França; SANTOS, Luciano Costa; SILVA, Liane Márcia Freitas; SILVA, Ricardo Moreira. Mapeamento de fluxo de valor e simulação para implementação de práticas lean em uma empresa calçadista. Revista Produção Online, v. 16, n. 1, p. 366-392, jan./mar., 2016.

LIRA JUNIOR, José Soares; MEDEIROS, Flávio Henrique Rodrigues; SENA, David Custodio. A aplicação de ferramentas de modelagem e simulação para melhoria nos processos produtivos: o caso de uma indústria ceramista da região de Russas - CE. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXII. Anais... Bento Gonçalves, RS: ABEPRO, 2012.

PRADO JUNIOR, José Carlos; MELO, Maurício Guilherme Pereira; SILVA, Anderson Rodrigues; SILVA, Felipe Fidelis; ASSIS, Rodrigo Furlan. Utilização do mapeamento de fluxo de valor no processo de fabricação de um forno de panificação. In: Simpósio de Engenharia de Produção, XXIII. Anais... Bauru - SP: UNESP, 2016.

RAJENTHIRAKUMAR, D.; SRIDHAR, R.; SAVIO, A. Dominic; PRAKASH, S. Jerine Chrispal; SRINATH, N. Lean Manufacturing: a study of application in a customary atmosphere. International Journal of Lean Thinking v. 3, n. 1, jun., 2012.

ROBINSON, Stewart; RADNOR, Zoe J.; BURGESS, Nicola; WORTHINGTON, Claire. SimLean: Utilising simulation in the implementation of lean in healthcare. European Journal of Operational Research, v. 2019, n. 1, p. 188–197, 2012.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício. São Paulo: Lean Institute do Brasil, 2003.

SHARARAH, Mohamed A.; EL-KILANY, Khaled S.; EL-SAYED, Aziz E. Component based modeling and simulation of value stream mapping for lean production systems. In: Proceedings 20th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing. Oakland, jul., p. 12–14, 2010.

SILVA, Tatiany Mafra da. Mapeamento do fluxo de valor e simulação a eventos discretos para a redução de desperdícios em uma família de peças usinadas em uma empresa do setor automotivo. 163 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. 4. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2005.

STANDRIDGE, Charles R.; MARVEL, Jon H. Why lean needs simulation. In: Simulation Conference. WSC 06. Proceedings of the Winter. IEEE, 2006. p. 1907-1913.

STERMAN, John D. Business dynamics-systems thinking and modeling for a complex world. Boston: McGraw-Hill, 2000.