

Análise da capacidade e fluxo de produção de uma indústria de toldos e lonas usando simulação

Jederson Vanderlinde (UDESC) vanderlinde.jederson@gmail.com

Jonas Sommer (UDESC) jonassmr4@gmail.com

René A. Santa Cruz R. (UDESC) adolfo.rodriguez@udesc.br

Resumo:

A simulação é uma das principais ferramentas do campo da Pesquisa Operacional de muita valia para analisar e estudar os elementos, comportamentos e interações de sistemas complexos através de modelos sem a necessidade de interferir no próprio sistema. Na simulação mediante a experimentação com modelos que reproduzem com a maior veracidade possível um sistema real é plausível entender e compreender a realidade. Com o desenvolvimento da tecnologia e das linguagens de programação, esta técnica é aplicada nas mais diversas áreas do conhecimento. Assim, na manufatura, por exemplo, é possível realizar inferências sobre todos os recursos envolvidas na transformação de matérias primas em produtos terminados. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar através da técnica de simulação o processo de produção de uma indústria localizada no sul do Brasil dedicada à fabricação de toldos, lonas, tendas e coberturas. Assim, propõe-se analisar o impacto no fluxo e na capacidade de produção caso fosse tomada a decisão de incluir na programação da produção um volume contínuo de lonas para caminhão, visto que a demanda deste item vem crescendo e sua produção só é executada em momentos ociosos da empresa. Para alcançar este objetivo, foi elaborado um modelo utilizando o software Arena. A análise dos resultados obtidos na simulação mostrou que na indústria é possível incluir na programação da produção a fabricação de mais 300 unidades desse produto por mês. Também foi possível formular algumas ações para a melhoria do processo de fabricação.

Palavras chave: Simulação, ARENA, Sistemas de produção, lonas, toldos.

Capacity and production flow analysis of an awning and tarpaulin industry using simulation

Abstract

Simulation is one of the main tools in the field of Operational Research that is very useful for analyzing and studying the elements, behaviors and interactions of complex systems through models without the need to interfere with the system itself. In simulation through experimentation with models that reproduces with the greatest possible truthfulness a real system it is plausible to understand the reality. With the development of technology and programming languages, this technique is applied in the most diverse areas of knowledge. Thus, in manufacturing, for example, it is possible to make inferences about all the resources involved in the transformation of raw materials into finished products. In this context, the present work aims to analyze through the simulation technique the production process of an industry located in the south of Brazil dedicated to the manufacture of awnings and tarpaulins. Thus, it is proposed to analyze the impact on the flow and the production capacity if the decision was taken to include in the production schedule a continuous volume of

tarpaulins for truck, since the demand of this item has been increasing and its production is only executed in idle moments of the company. To achieve this goal, a model was developed using the Arena software. The analysis of the results obtained in the simulation showed that is possible to include in the production schedule the production of another 300 units of this product per month. It was also possible to formulate some actions to improve the manufacturing process.

Key-words: Simulation, Arena, Production Systems, awnings, tarpaulins.

1. Introdução

A simulação é uma das principais ferramentas do campo da Pesquisa Operacional, que por sua vez é uma subárea da Engenharia de Produção referida à solução de problemas utilizando modelos matemáticos. A simulação é de muita valia para a análise de sistemas complexos utilizando de cenários visto que permite estudar o comportamento e as interações do sistema através de modelos sem a necessidade de interferir no próprio sistema. Mediante a experimentação utilizando um modelo que retrata com a maior veracidade possível o sistema real é possível entender e compreender a realidade.

De acordo com Law (2007) entre as principais vantagens da simulação como ferramenta de análise de sistemas podem-se destacar a possibilidade de descrever com precisão um sistema real, estimar o desempenho do sistema, realizar experimentos e avaliar alternativas. Com o desenvolvimento da tecnologia e das linguagens de programação, o uso de computadores favoreceu a aplicação desta ferramenta nos mais diversas áreas do conhecimento, na manufatura, por exemplo, é possível realizar inferências sobre processos, recursos e atividades envolvidas na transformação de matérias primas em produtos.

Por outro lado, do ponto de vista da gestão, uma necessidade das empresas de manufatura que apresentam crescimento em ritmo acelerado e em um curto período de tempo é a análise crítica dos processos que tragam melhorias, como a redução de tempo e recursos. Nesse contexto, uma dificuldade presente é a gestão das atividades rotineiras e repetitivas que por serem executadas por muito tempo e da mesma forma acabam não sendo parte da lista de prioridades em projetos de melhoria. Esta situação poder-se tornar ainda mais crítica quando existe a necessidade de ajustar o programa de produção visando aumentar a fabricação de determinado produto para cumprir com a demanda. Neste cenário, uma ferramenta que pode ser utilizada para analisar situações complexas é a simulação computacional.

Este trabalho tem como objetivo analisar através da técnica de simulação o processo de produção de uma indústria localizada no sul do Brasil dedicada à fabricação de toldos, capas, tendas e coberturas. A empresa deseja analisar o impacto no fluxo e na capacidade de produção caso fosse tomada a decisão de incluir na programação da produção um volume contínuo de lonas para caminhão, visto que a demanda deste item vem crescendo e sua produção só é executada em momentos ociosos da empresa.

Para cumprir com esse objetivo, o restante deste trabalho está organizado da seguinte maneira: na segunda seção se apresenta o referencial teórico; na seção três se expõe a metodologia utilizada; na quarta seção são apresentados os resultados obtidos na simulação, e por fim na quinta seção são apontadas as conclusões do trabalho.

2. Referencial teórico

A modelagem e simulação têm como objetivo criar, representar, experimentar e estudar um determinado sistema utilizando modelos. Já os modelos podem ser considerados como

abstrações simplificadas da realidade para representar um sistema segundo determinado objetivo para a tomada de decisão. Segundo Freitas Filho (2008), a simulação tem inúmeras aplicações no mundo atual em diversas áreas. A simulação é uma excelente ferramenta de análise para sistemas mais realistas. Já para Shawki et al. (2015) a simulação é a imitação de um processo ou sistema do mundo real ao longo do tempo. O modelo de simulação é utilizado para estudar o comportamento do sistema a medida que evolui ao longo do tempo.

Os modelos de simulação podem ser classificados como matemáticos, físicos ou computacionais. Um modelo matemático usa notações simbólicas e expressões matemáticas para representar o sistema. Já a simulação física é a modelagem de aspectos físicos de um sistema. No processo de simulação um conjunto de variáveis denominadas “variáveis de estado” descreve o sistema ao longo do tempo. Um modelo de simulação é estático quando representa um sistema em um determinado ponto no tempo. Em contrapartida, os modelos dinâmicos representam sistemas na medida em que as variáveis mudam com o tempo. A simulação é determinística quando utiliza um modelo que não contém variáveis aleatórias enquanto é considerada simulação estocástica quando o modelo contém uma ou mais variáveis aleatórias. Por outro lado, quando as variáveis do modelo mudam seus valores apenas em um conjunto discreto de pontos o tempo é denominado simulação discreta enquanto que na simulação contínua os valores das variáveis variam continuamente ao longo do tempo.

No entendimento de Shawki et al. (2015) a simulação usando uma linguagem de computador é um tipo particular de modelagem matemática em que o computador é utilizado para modelar um sistema dinâmico. A Figura 1 mostra a classificação geral dos modelos de simulação.

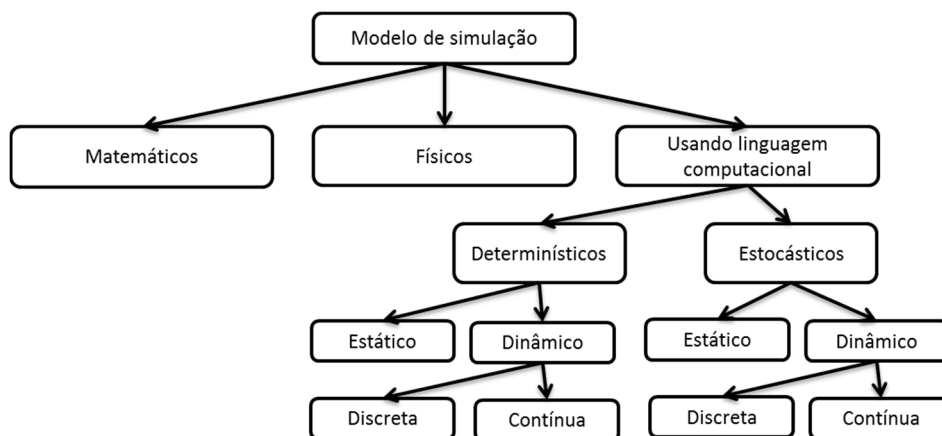


Figura 1 – Classificação dos modelos de simulação

Fonte: adaptado de Shawki et al. (2015)

De acordo com O’Kane, Spencely e Taylor (2000) a maioria dos sistemas de fabricação apresentam mudanças de produção discretas, e portanto, a simulação de eventos discretos é uma das técnicas ideais para analisar a complexidade dos sistemas de produção. Já no entendimento de Galvão Scheidegger et al. (2018) muitos pesquisadores indicaram que a simulação de eventos discretos, a simulação baseada em agentes e a simulação dinâmica são as principais e mais importantes técnicas de simulação para auxiliar na tomada da decisão na indústria.

No que se refere às etapas de modelagem e simulação Freitas Filho (2008) apresenta uma

metodologia contendo quatro grandes fases, a saber, planejamento, modelagem, experimentação e tomada de decisão. A fase de planejamento tem como objetivo a formulação e análise do problema, o detalhamento dos objetivos, descrição dos cenários a serem pesquisados, alocação de recursos, definição do modelo conceitual da simulação e coleta dos dados. A segunda etapa, a modelagem, visa codificar o modelo conceitual em uma linguagem de simulação adequada ao problema. Fazem parte desta fase a verificação e validação do modelo. A terceira fase, a de experimentação, consiste na elaboração de um conjunto de experimentos com a finalidade de gerar a informação desejada. É importante neste estágio a análise estatística e interpretação dos resultados. A última fase é a tomada de decisão em conformidade dos resultados obtidos na simulação. Fazem parte desta etapa a documentação e a estratégia de execução da solução obtida mediante o processo de modelagem e simulação.

Por outro lado, uma consideração muito importante neste processo diz respeito à seleção do software de simulação mais apropriado ao problema. Em conformidade com Kamrani et al. (2014) entre diferentes softwares de simulação, o Arena tem sido aplicado por diversos pesquisadores em várias disciplinas. O software de simulação Arena foi desenvolvido pela empresa *Systems Modeling* baseado em outros dois softwares SIMAN e CINEMA. O SIMAN é uma linguagem de simulação para computadores pessoais e o CINEMA um programa para animação de simulação em computadores (PRADO 1999).

De acordo com Kelton, Sadowski e Sturrock (2004) o Arena utiliza um conjunto de módulos denominados “templates” para a construção do modelo. Assim a modelagem é realizada de forma gráfica utilizando diagramas de blocos para representar o comportamento dos eventos de um determinado fluxo. A principal vantagem do simulador Arena é a facilidade de entrada dos dados e a metodologia de modelagem mediante fluxogramas (SHAWKI et al., 2015).

Além da interface gráfica para a modelagem, o software Arena tem um conjunto de ferramentas internas que auxiliam o desenvolvimento do modelo, a simulação e experimentação. Os dados de entrada podem ser ajustados a uma distribuição de probabilidade utilizando o *Input Analyzer*. Com o programa *Process Analyzer* é possível analisar as variações de diferentes cenários. O programa *Output Analyzer* permite analisar os dados de saída da simulação.

3. Metodologia

Em conformidade com o objetivo as pesquisas podem ser caracterizadas como descritiva, explicativa ou exploratória. O presente trabalho pode ser considerado com uma pesquisa exploratória, descritiva e experimental visto que visa proporcionar uma maior familiaridade com o problema e se preocupa com observar os fatos, analisá-los e interpretá-los (ANDRADE, 1997; GIL, 2008). Ainda segundo Gil (2008) a pesquisa experimental consiste em determinar um objetivo de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e observação dos efeitos que a variável produz no objeto. Por outro lado, no que se refere a sua natureza a pesquisa pode ser também caracterizada como aplicada tendo em vista que aponta a solucionar um problema a partir da observação de um sistema e posterior simulação por eventos discretos.

No que diz respeito aos passos metodológicos, o presente trabalho segue quatro etapas formuladas com base no procedimento apresentado por Chwif e Medina (2010). A Figura 2 mostra os passos metodológicos que nortearam o desenvolvimento do trabalho.

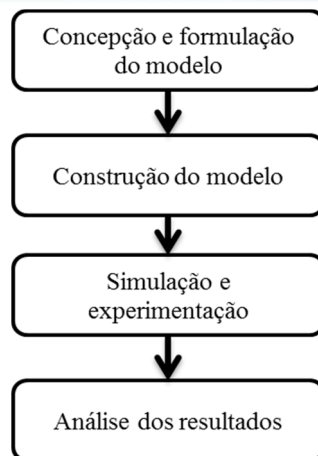


Figura 2 – Passos metodológicos da pesquisa

A primeira fase é concepção e formulação do modelo de simulação, a segunda etapa tem como objetivo a elaboração do modelo utilizando software de simulação. O terceiro estágio é dedicado ao processo de experimentação, e por fim na última fase são analisados os resultados obtidos com a simulação.

4. Resultados e discussão

O presente trabalho foi desenvolvido em uma indústria localizada no sul do Brasil dedicada à fabricação de toldos, capas, tendas e coberturas. A empresa está presente no mercado a mais de 10 anos e conta com a experiência dos sócios que trabalham no ramo de lonas e cobertura a mais de 25 anos. Trata-se de uma empresa de pequeno porte que atende o município onde está instalada, mas também atende a demanda de toda a região. Pode-se indicar que é uma empresa considerada referência na cidade atendendo vários setores visto que oferece produtos para várias aplicações, como por exemplo, piscinas, caminhões, áreas de festas, proteção de espaços e todo tipo de tendas.

A empresa trabalha essencialmente sob encomenda e cada pedido apresenta uma especificação diferente, isto é, existe elevada personalização dos produtos. Devido à demanda e a variedade dos produtos ocorrem com certa frequência alguns transtornos com relação aos prazos de entrega. Assim há algumas dificuldades com o cumprimento de prazos e debilidades no sistema de comunicação, bem como a falta de conhecimento sobre sua capacidade de atendimento a demanda.

No que diz respeito ao processo produtivo, as lonas chegam do fornecedor em grandes rolos e até o produto final o processo passa por sete etapas produtivas. A primeira etapa é o corte das lonas, a equipe operacional recebe o pedido com as medidas e especificações da lona/cobertura. Com essas informações, o operador vai até o almoxarifado separa o tipo de lona e faz o corte de acordo com as medidas especificadas para o produto. Após o corte, a lona é soldada nas extremidades para ter o dimensional desejado. Uma vez que a largura na matéria prima é limitada, o processo também garante que o produto final não tenha nenhum tipo de vazamento. Já na próxima etapa é feita a solda dos detalhes, bem como as bordas decoradas. A Figura 3 mostra o processo de solda das lonas. A seguir são anexados os ganchos e dispositivos para prender a lona (quando necessário). E por fim, o bastão de alumínio é colocado como suporte (quando necessário). A Figura 4 mostra as etapas do processo produtivo.



Figura 3 – Processo de solda das lonas

Para a coleta de dados e formulação do modelo de simulação foram realizadas visitas à empresa e foram efetuadas entrevistas com os responsáveis do processo de produção. Como resultado desta etapa foi possível o entendimento e a coleta dos tempos envolvidos em cada etapa produtiva, bem como o funcionamento da demanda que o processo atendia. Com estes dados levantados foi possível iniciar a construção do modelo e executar a simulação do processo de produção utilizando o software Arena.

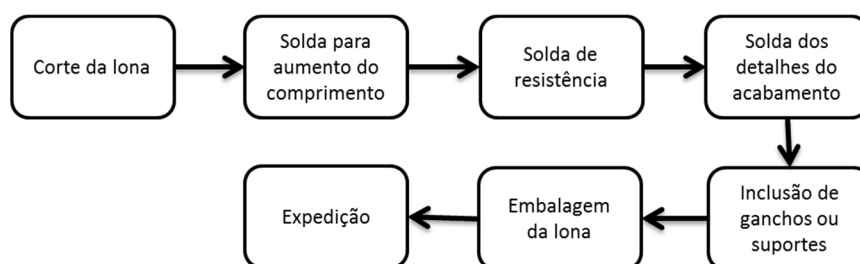


Figura 4 – Etapas do processo produtivo

Num primeiro momento foi realizada a simulação do volume atual de produção da empresa, que baseada num histórico de pedidos atendia em média por mês 350 toldos, com um tempo *Takt time* de 27 minutos por unidade. A Tabela 1 mostra as operações com seu tempo estimado de duração. Uma vez emitida a ordem de produção, o operador da primeira etapa executa as atividades de corte da lona previamente programadas.

Processo	Recurso	Função	Tempo (min)	Quantidade
Corte	Cortador	Triangular	(8,10,15)	1
Solda dos componentes	Soldadeira	Normal	(30;7,5)	1
Inclusão de ganchos ou suportes	Serralheiro	Triangular	(8,10,12)	1
Embalagem	Supervisor	Triangular	(5,5,7)	1

Tabela 1 – Tempos estimados dos processos de produção

A Figura 5 mostra o modelo elaborado no simulador. Foi realizada a simulação de um mês de trabalho na empresa. Ficou evidente a falta de ocupação dos outros postos de trabalho visto que o ritmo era ditado essencialmente pela atividade executadas nas Soldadeira. Além disso, pode-se destacar a formação de um estoque entre os processos de corte e solda. A Figura 6 elenca a ocupação dos postos de trabalho obtidos após a simulação.

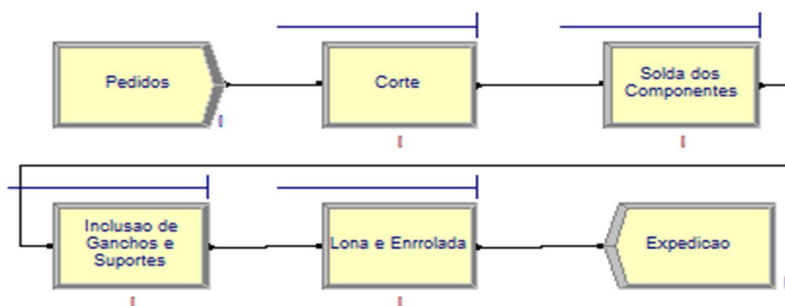


Figura 5 – Modelo de simulação do processo atual de produção da empresa

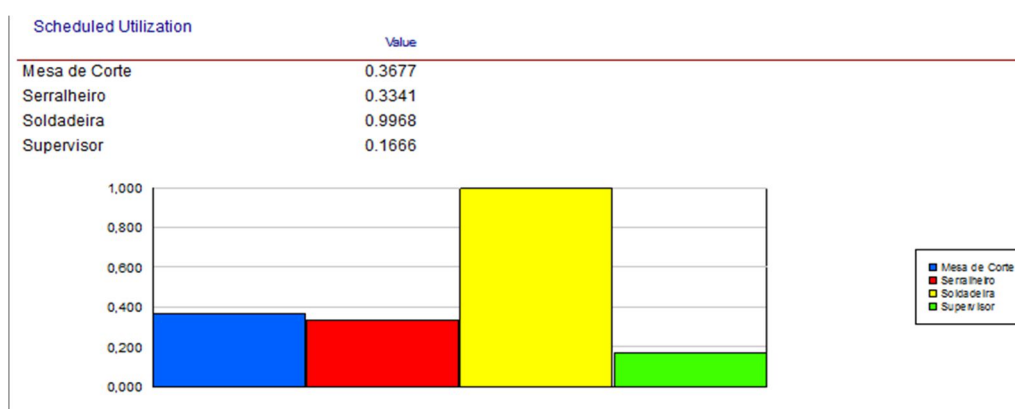


Figura 6 – Utilização dos recursos na primeira simulação

Com a execução da simulação da situação atual foi possível evidenciar o que existe a possibilidade de incluir na programação da produção a fabricação de um volume permanente de toldos e lonas para caminhão. Para esse efeito foi construído um segundo modelo de simulação para a verificação dessa integração. Para a construção do segundo modelo, foi considerado a duração média das atividades como sendo constante visto que o produto desta vez é padronizado. Foi considerado o tempo Takt de 15min entendendo que o sistema está operando na sua capacidade total obedecendo ao tempo de duração do processo de solda. A Figura 7 mostra o segundo modelo de simulação.

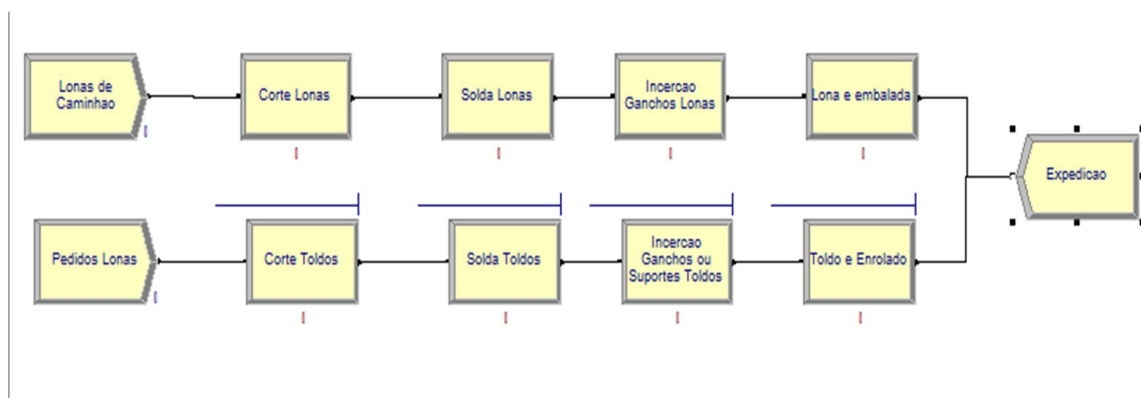


Figura 7 – Segundo modelo de simulação produção da empresa

Como se mostra na Figura 7, o modelo considera a produção de um volume constante de lonas de caminhão bem como a fabricação de lonas e toldos para atender a demanda.

Como resultado da simulação, obtém-se uma taxa de ocupação satisfatória dos postos de trabalho conforme se mostra na Figura 8. Além disso, foi possível verificar a capacidade para incluir na programação da produção da empresa a fabricação de 300 lonas de caminhão por mês.

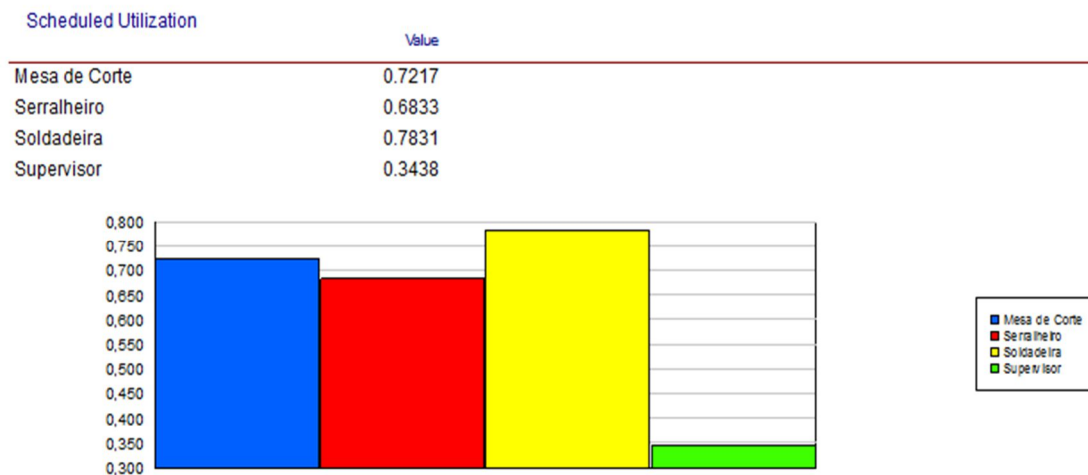


Figura 8 – Taxa de ocupação dos recursos com a nova simulação

Com base nos resultados obtidos na simulação foi possível identificar a capacidade da empresa e até mesmo, a oportunidade de após o investimento numa segunda máquina de solda, aumentar sua capacidade de entrega de produtos acabados, apenas criando um novo posto de trabalho. Além disso, com a simulação da primeira situação foi possível identificar qual prazo de entrega que a empresa pode fornecer ao receber um pedido, bem como identificar qual sua capacidade de produção total.

Por outro lado, durante o processo de modelagem e simulação, notou-se a possibilidade da aplicação de melhorias nos processos de produção. Com base nos dados gerados e visualização dos fluxos e atividades, foram propostas melhorias, algumas delas impactando diretamente o processo, como por exemplo, o investimento futuro na automatização de alguns processos a fim de reduzir mão de obra e custo para a empresa, o redesenho e melhoria dos processos que impactam diretamente na satisfação do cliente e no sucesso do negócio, como suporte ao cliente, desenvolvimento de ferramentas e operação de ferramentas.

4. Conclusões

O presente trabalho tinha como objetivo realizar a análise da capacidade e fluxo de produção de uma pequena empresa dedicada à fabricação de lonas, toldos, capas, tendas e coberturas utilizando a simulação computacional. O foco da análise foi o impacto no fluxo e na capacidade de produção caso fosse tomada a decisão de incluir na programação da produção um volume contínuo de lonas para caminhão, visto a crescente demanda deste item.

No desenvolvimento do trabalho foi possível identificar vantagens da simulação, como ferramenta de análise do comportamento de todo o processo produtivo, tendo assim, de maneira rápida e simples uma representação da realidade juntamente com indicadores que

auxiliam nas tomadas de decisões e análises de melhoria.

Com a simulação foi possível determinar a capacidade de produção da empresa e os prazos de entrega ao receber um pedido. A simulação de um segundo cenário permitiu também analisar o fluxo de produção considerando a decisão de incluir na programação da produção um volume contínuo de lonas para caminhão. As taxas de ocupação dos recursos apontaram a viabilidade de implementar essa decisão. É importante destacar que a modelagem e simulação apontam diferentes benefícios, tais como, por exemplo, a experimentação em curto período de tempo, capacidade de trabalho com sistemas relativamente complexos, entre outros.

Em contrapartida, ainda é necessário identificar a demanda real que a produção de lonas para caminhão e calcular o retorno do investimento necessário na linha de produção, bem como realizar um trabalho de cronoanálise no processo produtivo com o propósito de melhorar no futuro a precisão da simulação.

Referências

ANDRADE, M. M. *Introdução à metodologia de trabalho científico*. São Paulo: Atlas, 1997.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. *Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações*. 2. ed. São Paulo: Editora dos Autores, 2010.

FREITAS FILHO, P. J. *Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas*. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

GALVÃO SCHEIDEGGER, A.P.; PEREIRA, T.F.; DE OLIVEIRA, M.N.; BANERJEE, A.; MONTEVECHI, J.A. *An introductory guide for hybrid simulation modelers on the primary simulation methods in industrial engineering identified through a systematic review of the literature*, Computers & Industrial Engineering, vol 124, p.474-492, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.07.046>.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

KAMRANI, M.; HASHEMI ESMAEIL ABADI, S.M.; GOLROUDBARY, S.R. *Traffic simulation of two adjacent unsignalized T-junctions during rush hours using Arena software*, Simulation Modelling Practice and Theory, Vol. 49, p, 167-179, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2014.09.006>.

KELTON, W. D; SADOWSKI, R. P; STURROCK, D. T. *Simulation with Arena*. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2004.

LAW, A. M. *Simulation Modeling and Analysis*. 4. ed. Boston: Ed. McGraw-Hill, 2007.

O'KANE, J.F; SPENCELEY, J.R.; TAYLOR, R. *Simulation as an essential tool for advanced manufacturing technology problems*. Journall of Materials Processing Technology, 107. 2000

PRADO, D. *Teoria das filas e da simulação - Série pesquisa operacional*, Vol. 2. Belo Horizonte, ed. Desenvolvimento Gerencial; 1999.

SHAWKI, K.M.; KILANI, K.; GOMAA, M.A. *Analysis of earth-moving systems using discrete-event simulation*, Alexandria Engineering Journal, vol. 54(3), p. 533-540. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2015.03.034>.