

Análise do processo de produção de uma indústria de comunicação visual utilizando simulação

Gabriela Buzzi (UDESC) buzzi.gabi@gmail.com

Larissa Grahl Stortz (UDESC) lgstortz@gmail.com

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

Resumo:

Simulação é a técnica que estuda através de modelos o comportamento e as reações de um determinado sistema. Assim, o entendimento do sistema real e das interações entre todos os seus elementos é feita através da experimentação utilizando um modelo computacional que retrata com a maior veracidade possível a realidade. O presente trabalho tem com objetivo analisar o processo de produção de uma indústria do setor de comunicação visual localizada na região norte do Estado de Santa Catarina. Para tanto, foi elaborado um modelo de simulação da linha de produção de banners e painéis onde alguns recursos produtivos limitam a sua produtividade originando o surgimento de filas ao longo do processo produtivo. O modelo computacional foi desenvolvido com o software Arena. Os resultados obtidos na simulação mostraram que os processos que mais exigem recurso de tempo são, em ordem decrescente, a impressão, solda, montagem de estrutura, corte, acabamento, montagem final e embalagem. Além disso, foi identificado que o processo de impressão é o gargalo, pois além de ser um processo demorado quando comparado aos demais ele ainda é compartilhado entre os produtos.

Palavras chave: Simulação, Comunicação Visual, Pesquisa Operacional.

Production process analysis of a visual communication industry using simulation

Abstract

Simulation is the technique that studies through models the behavior and reactions of a given system. Thus, the understanding of the real system and the interactions among all its elements is done through experimentation using a computational model that portrays reality as truly as possible. The present work has the objective of analyzing the manufacturing process of a visual communication industry located in the northern region Santa Catarina State. For that, a simulation model of the banners and panels production line of the company was elaborated, where some productive resources limit their productivity, leading to the appearance of queues throughout the productive process. The computational model was developed in the Arena software. The results obtained with the simulation showed that the processes that most require a time resource are, in descending order, the printing, welding, assembly, cutting, finishing, final assembly and packaging. In addition, it was identified that the printing process is the bottleneck, because in addition to being a time-consuming process when compared to others, it is still shared among the products.

Key-words: Simulation, Visual Communications, Operations Research.

1. Introdução

A modelagem e simulação computacional é uma das técnicas de análise que vem sendo utilizadas nas mais diversas áreas. O desenvolvimento dos recursos computacionais permite cada vez mais avaliar cenários com maior grau de complexidade. Sob o ponto de vista de Law (2007) a simulação possui vantagens, como a possibilidade de descrever com precisão um sistema real complexo, estimar o desempenho de um sistema, realizar experimentos e avaliar novas propostas entre outras.

A aplicação da técnica de simulação nos processos produtivos pode gerar informações e dados que auxiliem na tomada de decisão sobre diversos aspectos, por exemplo, a necessidade de maquinário ou funcionários, avaliação dos procedimentos operacionais, avaliação do desempenho parcial ou total, tempo de espera, tempo de processamento, quantidade de peças produzidas (LAW, 2007).

O presente artigo tem como objetivo analisar o processo de produção de uma linha de fabricação de uma empresa de comunicação visual localizada no norte do Estado de Santa Catarina através da técnica de simulação.

Para cumprir com esse objetivo, o restante deste artigo está organizado da seguinte maneira: o tópico 2 se apresenta o referencial teórico, no tópico 3 se expõe a metodologia utilizada, o tópico 4 apresenta os resultados obtidos na simulação, e por fim no tópico 5 são apontadas as conclusões do trabalho.

2. Referencial teórico

Nesta seção serão apresentados os principais conceitos que foram utilizados como base na elaboração da presente pesquisa.

2.1 Simulação

A simulação é uma das ferramentas da Pesquisa Operacional (PO) que tem como objetivo compreender o funcionamento, desempenho ou comportamento de um sistema através da imitação da realidade. A transposição da realidade para um ambiente controlado permite estudar e analisar as suas características sob diversas condições, sem riscos e/ou altos custos envolvidos (HARREL et al., 2000; MONTEVECHI et al., 2007). O entendimento do sistema real e das interações entre todos os seus elementos é feita através de um modelo e dos resultados da sua experimentação. O modelo é uma representação simplificada da realidade e tem consequentemente a incumbência de retratar com a maior veracidade possível o sistema real. O conceito de sistema se refere a um conjunto organizado de diversos elementos que interagem para cumprir um determinado objetivo comum.

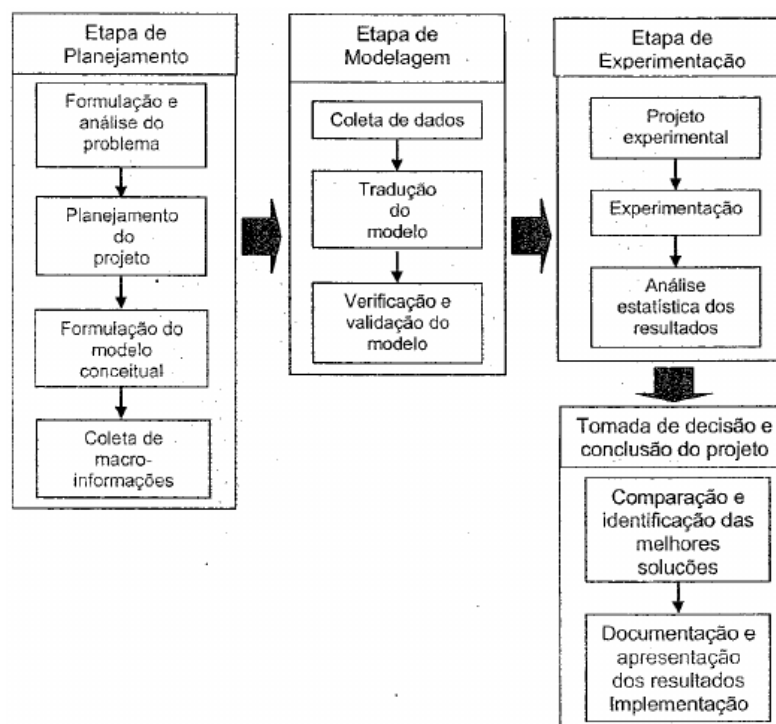
No entendimento de Pekarcikova, Trebuna e Parkovic (2015) de entre as vantagens da simulação dos sistemas produtivos antes da experimentação com o sistema real estão a flexibilidade, menor custo, segurança e fundamentalmente não se afeta ou interrompe o processo de produção. Entretanto é importante destacar que existem algumas desvantagens relacionadas, por exemplo, às regras de decisão, a complexidade do sistema que dificulta a quantificação das variáveis e a determinação dos limites do próprio sistema.

No processo de simulação, as variáveis de estado são as que mostram a situação do sistema ao longo do tempo e espaço. Quando essas variáveis de estado mudam seus valores em pontos bem definidos, o modelo de simulação é denominado de simulação discreta. Contrariamente, quando os valores das variáveis de estado variam continuamente ao longo do tempo a simulação é do tipo contínua. 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 de esses sistemas.

Por outro lado, segundo Perin Filho C. (1995) a simulação de sistemas apresenta seis etapas básicas, a saber: definição do problema, estudo do sistema, construção do modelo, validação, experimentação, aplicação e realimentação. A primeira etapa é a identificação do problema apresentado no sistema de estudo, bem como das partes ou subsistemas que interferem no problema identificado. Esta fase envolve a coleta de informação através de amostras. A segunda etapa é o estudo do sistema, isto é, a sua descrição em termos de componentes, atividades, entidades, eventos, restrições, propósitos que motivaram o uso da simulação na solução do problema. O passo seguinte é a construção do modelo do sistema em estudo e a respectiva validação. Na etapa posterior são realizados os experimentos sobre o modelo construído. Assim as informações resultantes são a base para propor soluções ao problema detectado inicialmente. A última fase é a operacionalização da solução, isto é, a execução das alterações no sistema real com base nos resultados da simulação. De posse dos resultados obtidos na interferência sobre o sistema real, inicia-se uma etapa de realimentação o que permita realizar ajustes no trabalho de simulação.

Contudo, segundo Freitas Filho (2008) quase todos os estudos envolvendo Modelagem e Simulação utilizam as seguintes etapas: planejamento, modelagem, experimentação e tomada de decisão. A Figura 1 ilustra as etapas clássicas de modelagem e simulação.



Fonte: FREITAS FILHO, 2008

Figura 1 – Etapas de Modelagem e Simulação

2.2 Software Arena

O software Arena foi criado pela empresa Systems Modeling através da unificação dos programas SIMAN e CINEMA. O SIMAN é uma linguagem de simulação que, em 1983, deu nome ao primeiro programa de simulação para computadores pessoais (PCs). Já o CINEMA surgiu em 1984 e foi o primeiro programa para animação de simulação em PCs (PRADO 1999).

No ambiente de desenvolvimento do simulador Arena, os elementos lógicos, fundamentados em módulos de fluxograma e de dados, apresentam uma interface gráfica que auxilia na descrição do modelo e na inserção de características dos elementos que compõem o fluxo.

O software disponibiliza um conjunto de módulos denominados “templates” para reproduzir de forma gráfica, através de diagrama de blocos, o comportamento dos eventos de um determinado fluxo (KELTON; SADOWSKI; STURROCK, 2004). Esta estrutura simplifica o uso dos comandos de programação e possibilita visualização e a dinâmica do sistema que está em estudo. Desse modo, o simulador Arena apresenta na tela do computador o sistema a ser modelado como constituído de um conjunto de estações de trabalho que prestam serviços aos clientes.

Assim, a facilidade na modelagem e construção de modelos no Arena mediante a abordagem discreta facilita a simulação dos mais diversos sistemas reais. O ambiente de desenvolvimento orientado a módulos permite modelar de forma intuitiva sistemas que envolvem fluxo e transações através de um conjunto de processos. Enquanto o modelo é construído na forma gráfica e de texto, o ARENA transcreve todo o modelo no código de simulação SIMAN (ALTIOK; MELAMED, 2007)

2.3 Teoria das Filas

Lovelock e Wright (2002) descrevem que o conceito de filas está relacionado com a representação de uma linha de pessoas, veículos, outros objetos físicos ou intangíveis que aguardam sua vez de serem atendidos. Destacam ainda, que o processo de formação de filas ocorre quando o número de chegadas excede à capacidade do sistema de atendimento e que geralmente esse processo está relacionado a problemas relativos à administração da capacidade. Segundo Prado (1999) a teoria das filas é uma das técnicas da Pesquisa Operacional que envolve fluxo de serviços e tratamento de problemas de congestionamento de sistemas.

Dessa forma alguns elementos em conjunto determinam o sistema de filas sendo eles: os clientes, a fila e o canal de atendimento. Este sistema de filas pode ser caracterizado por três componentes conforme Law e Kelton (2000). O processo de Chegada é configurado pela distribuição de probabilidade do tempo entre sucessivos eventos de chegadas, que podem ser uniformes (determinísticos) ou aleatórios (estocásticos), e pelo número de indivíduos ou unidades que aparecem em cada evento, que podem ser individuais ou em grupos. O processo de atendimento é a taxa segundo a qual o canal de atendimento pode realizar o serviço requerido das chegadas para serem atendidas. Por fim a disciplina da fila, que é uma regra de prioridade ou um conjunto de regras estabelecidas para determinar a ordem na qual os itens serão atendidos a partir da fila de espera (DAVIS et al., 2001; HILLIER; LIEBERMAN, 2006).

3. Aspectos metodológicos

De acordo com Cauchick Miguel et al. (2010) os métodos de pesquisa mais utilizados são a pesquisa-ação, o estudo de caso e a modelagem e simulação. O presente trabalho é uma aplicação deste último. Sob a perspectiva da pesquisa quantitativa, o presente estudo pode ser caracterizado como descritivo visto que buscou-se identificar, analisar e descrever as características do sistema real através da elaboração e experimentação de um modelo.

Na fase de desenvolvimento do trabalho foi utilizada a metodologia apresentada por Chwif e Medina (2010) e está estruturado em três grandes etapas: a concepção do modelo, a implementação e a análise dos resultados:

a) concepção e formulação do modelo, onde se busca o sistema a ser simulado e seus

objetivos, definindo e caracterizando o modelo conceitual do sistema;

b) implementação do modelo, onde foi desenvolvido um modelo conceitual por meio da utilização do *software* Arena, e em seguida, realizada a validação do modelo computacional com o modelo conceitual comparando com o sistema real;

c) análise dos resultados do modelo, os resultados do cenário atual da empresa foram gerados, documentados e analisados, permitindo assim a criação de novos cenários para avaliação de melhorias no sistema.

Para desenvolver este estudo foram coletados dados na empresa através do *software* de gestão utilizado pela empresa. Assim, foram coletados os tempos de processamento e sequenciamento de cada atividade e a demanda diária para os produtos analisados.

4. Resultados e discussão

O objeto de estudo foi o sistema produtivo dos produtos de maior demanda de uma empresa de comunicação visual localizada na região norte do Estado de Santa Catarina. A empresa foi fundada no início dos anos 90 com o intuito inicial de terceirizar o serviço da fábrica onde seu fundador trabalhava. A empresa iniciou atividades com uma pequena infraestrutura ocupando 27m², onde o proprietário confeccionava, manualmente, itens de comunicação visual para grandes empresas de todo o Brasil. Mesmo sendo fundada em época de crise, nunca sofreu por falta de demanda, pois destaca-se no mercado através da qualidade de seus produtos.

Atualmente a infraestrutura da empresa ocupa uma área de aproximadamente 500m², considerando-se de pequeno porte, a qual atua no ramo de comunicação visual e produção de protótipos de polímeros. A empresa trabalha com a confecção e instalação de displays, fachadas, banners, adesivos, painéis, protótipos, entre outros, utilizando diversos tipos de matéria prima, como plástico rígido, acrílico, madeira, lona, adesivo, papel, papelão, polionda, alumínio, entre outros. Possui, máquinas de usinagem e impressão, fabricando produtos sob encomenda para todo tipo de cliente, apesar de focada no atendimento industrial. A empresa tem aproximadamente 20 funcionários contratados, sendo que o perfil de formação acadêmica varia de ensino fundamental a superior.

A situação tratada por meio de uma simulação foi a representação gráfica do fluxo do processo produtivo dos produtos de maior demanda da empresa, isto é, a elaboração de Banners e Painéis. Para tanto, foi necessário mapear as etapas constituintes para a fabricação de cada produto. Desse modo, os processos envolvidos no sistema de produção foram os seguintes:

a) impressão, transferência da arte do arquivo para o material;

b) corte e/ou refilado material;

c) montagem da estrutura (para painéis), que consiste no corte dos sarrafos de madeira de acordo com o tamanho do material e é então feito o quadro de madeira para a posterior fixação da lona;

d) montagem final (para painéis), fixação da lona no quadro de madeira (geralmente é através de grampos);

e) solda (para banners), junção das partes da lona a partir de uma fonte de calor para formar uma cavidade para inserir o bastão de madeira;

f) acabamento (para banners), inserção dos bastões de madeira e ponteiros de plástico no banner;

h) embalagem, processo de empacotamento do material, geralmente utilizando plástico bolha e fita.

O levantamento de dados de cada processo e para cada produto, não considerando o tempo de *setup*, foi realizado para os itens apontados da Tabela 1 e Tabela 2. Os dados de tempo foram obtidos através do software de gestão de comunicação visual instalada na própria empresa. A informação disponível é atualizada uma vez que a empresa realiza, por exemplo, os orçamentos aos seus clientes com base nos tempos apresentados nestas tabelas.

No.	Processo	Tempo (min)
1	Impressão digital	15
2	Corte manual	4
3	Montagem da estrutura	16
4	Montagem final	6
5	Embalagem	2

Fonte: os autores, 2017

Tabela 1 – Produção de painéis

No.	Processo	Tempo (min)
1	Impressão digital	6
2	Corte manual	4
3	Solda	8
4	Acabamento	5
5	Embalagem	2

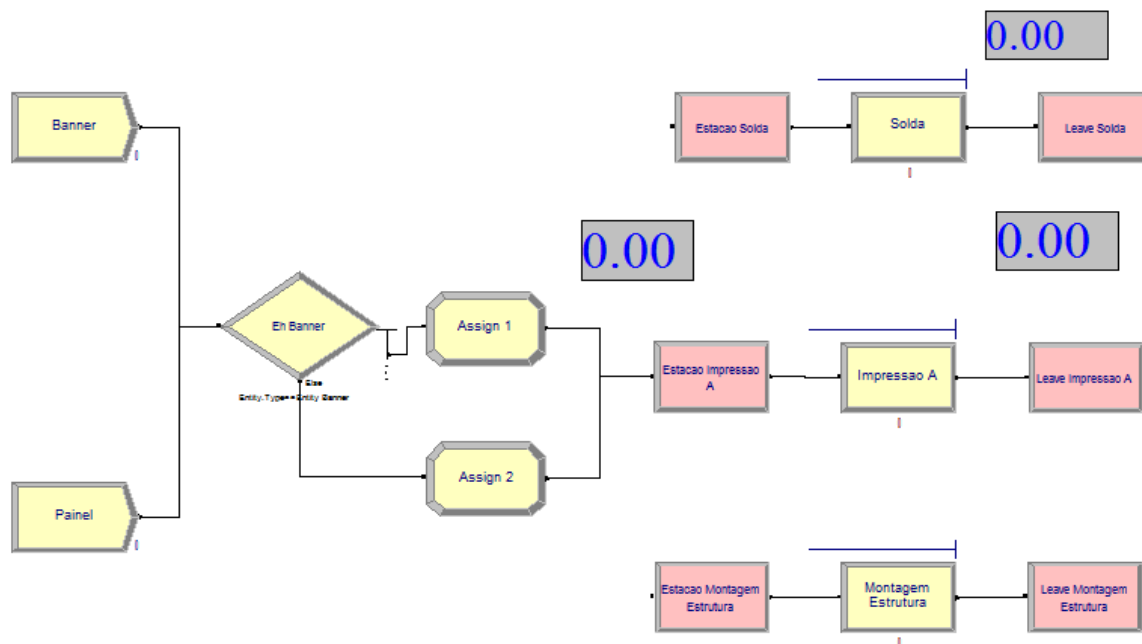
Fonte: os autores, 2017

Tabela 2 – Produção de banners

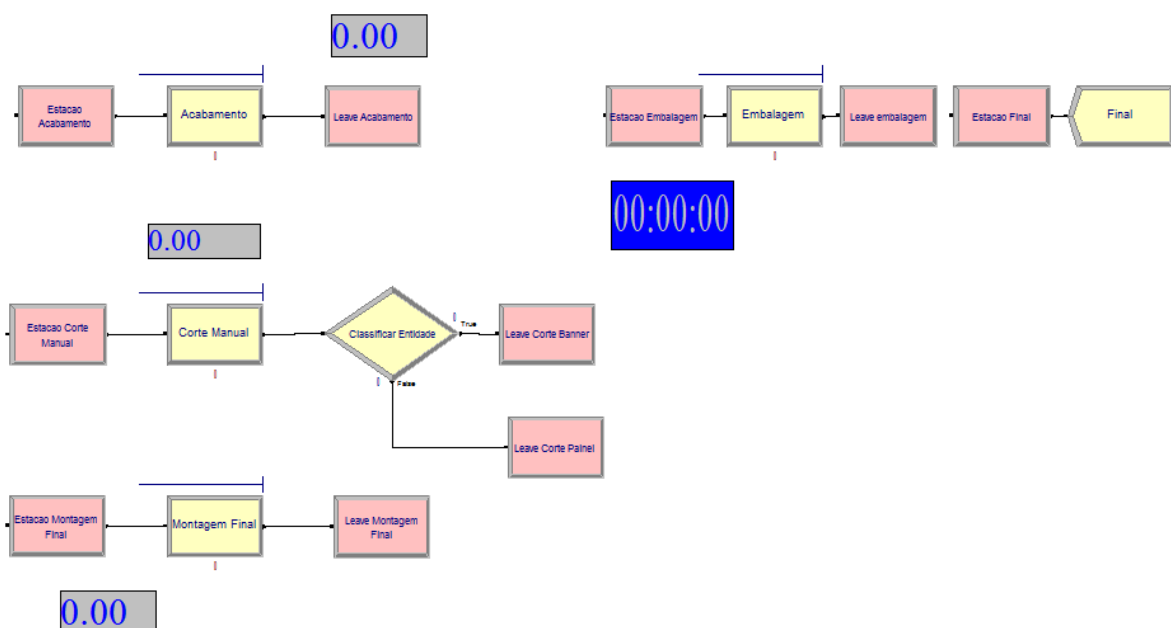
Por sua vez, o tempo considerado de transporte do processo de impressão para corte é mínimo, de corte para outros processos de 5 minutos e os demais um tempo de 2 minutos. Vale ressaltar que a impressora e a máquina de corte manual são compartilhadas na produção dos produtos, o que influencia no tempo de permanência na fila desses itens.

Deste modo, como resultado da etapa de modelagem do processo produtivo na empresa foi elaborado um modelo de simulação no software Arena a fim de expor esses fenômenos e verificar como o processo produtivo funciona na fabricação dos banners e painéis. A Figura 2 e Figura 3 mostram o modelo desenvolvido. Para a confecção do modelo utilizou-se as ferramentas básicas (*create, dispose, process, decide*) e as ferramentas avançadas (*station, leave*). Foi necessário também a utilização do bloco *assign* para determinar o tempo de impressão padrão quando o produto era um banner ou painel, isso porque o tempo é diferenciado para a produção de esses dois produtos.

Diante dos dados apresentados, foi possível realizar o modelo computacional determinando que o volume de produção para uma jornada de trabalho de 8 horas diárias para a confecção do painel e banner é de 10 e 20 respectivamente. Assim a simulação apontou uma saída de 10 painéis e 20 banners, sendo que cada produto possui tempos e processos de fabricação diferentes, porém possuem dois processos compartilhados entre eles (processo de impressão e corte).



Fonte: os autores, 2017
Figura 2 – Modelo de simulação (parte 1)

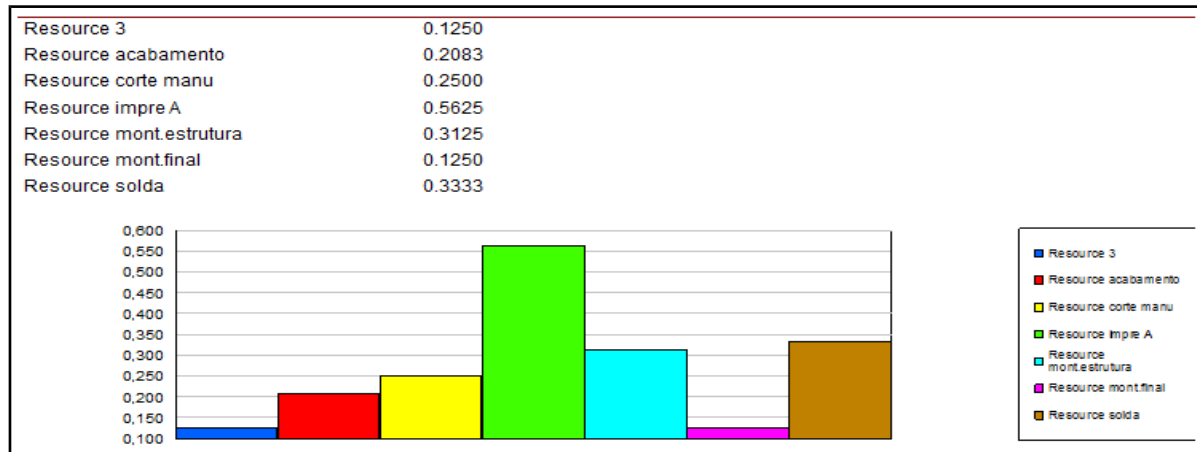


Fonte: os autores, 2017
Figura 3 – Modelo de simulação (parte 2)

Através da simulação do modelo selecionado, pode-se perceber que o tempo médio para a produção do banner foi de 3,375 horas, sendo que o tempo mínimo foi de 0,5667 horas e o tempo máximo foi de 4,9833 horas. Já para a produção do painel, o tempo médio foi de 2,36 horas, sendo que o tempo mínimo foi de 0,95 horas e o tempo máximo foi de 3,85 horas.

O tempo de transferência médio para ambos os produtos foi de 0,15 horas. O tempo de espera do banner variou entre 0 e 4,4167 horas, obtendo uma média de 2,8083 horas. Já para o

painel, variou entre 0,1 e 3 horas, obtendo uma média de 1,51 horas. Com relação ao tempo de espera entre processos, o processo de impressão e solda foram os que geraram fila. Em média 9 produtos ficaram na fila no processo de impressão, enquanto que no processo de solda aproximadamente 1 produto ficou na fila. E o tempo médio na fila do processo de impressão foi de 2,3144 horas, enquanto que no processo de solda aproximadamente 0,09 horas. A Figura 4 apresenta o relatório do simulador com a distribuição dos recursos dos processos de produção dos produtos selecionados com relação ao tempo.



Fonte: os autores, 2017

Figura 4 – Relatório da simulação

Analisando-se o gráfico pode-se perceber que os processos que mais exigem recurso de tempo são, em ordem decrescente, a impressão, solda, montagem de estrutura, corte, acabamento, montagem final e embalagem. Além disso, o gargalo da fabricação é o processo de impressão, pois além de ser um processo demorado quando comparado aos demais, ele ainda é compartilhado entre produtos.

Com isso, para conseguir uma produção nivelada, se faz necessário avaliar outras alternativas para suprir essa necessidade do processo de impressão. Com isso, sugere-se que a empresa adquira outra impressora, para que dessa forma, o tempo total de processamento de cada máquina de impressão diminua para 0,28125 horas, balanceando a fabricação.

5. Considerações finais

Este trabalho utilizou a modelagem e simulação como ferramenta de auxílio à análise da produção de uma empresa de pequeno porte do setor de comunicação visual no norte de Santa Catarina. Buscou-se ainda uma sugestão a fim de balancear o processo produtivo para aumentar a produtividade da empresa.

Com a realização do projeto de simulação foi possível identificar os tempos médios de espera na fila para cada produto analisado, bem como identificar os processos gargalo. Foi detectado que a máquina de impressão apresenta-se como um obstáculo na produtividade para a empresa, uma vez que o tempo médio de espera foi de 2,31 horas. Além disso, o tempo de ocupação da máquina de impressão equivale à aproximadamente 30% do tempo de ocupação total. Isso quer dizer que os produtos passam a maior parte do tempo sendo processados pela impressão, bem como na fila da impressão.

Cabe ressaltar que o trabalho aqui desenvolvido não analisou a viabilidade econômica envolvida na compra de mais uma impressora, dessa forma um trabalho futuro poderia vir a

explorar tal lacuna. Além da análise econômica, outros cenários também poderiam ser testados em trabalhos futuros. Por fim, pode-se afirmar que a união de ferramentas de engenharia de produção, dentre elas a simulação, só tem a contribuir para a uma melhor gestão e qualidade dos serviços por eles oferecidos, numa cadeia de benefícios que pode se estender dos usuários até os gestores do sistema.

Referências

- ALTIOK, T.; MELAMED, B.** *Simulation Modeling and Analysis with Arena*. Elsevier, 2007.
- CAUCHICK MIGUEL, P.A.C. et al.** *Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações*. Rio de Janeiro, Elsevier, 2010.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C.** *Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações*. 2. ed. São Paulo: Editora dos Autores, 2010.
- DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B.** *Fundamentos da Administração da Produção*. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- FREITAS FILHO, P.J.** *Modelagem e Simulação de Sistemas*, Visual Books, 2008.
- HARRELL, C.; GHOSH, B. K.; BOWDEN, R.** *Simulation Using Promodel*. 3.ed. Boston: McGraw-Hill, 2000.
- HILLIER, F.; LIEBERMAN G.** *Introdução à Pesquisa Operacional*. São Paulo, McGraw-Hill, 2006.
- 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.
- LAW, A. M.; KELTON, W. D.** *Simulation Modeling and Analysis*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2000.
- LOVELOCK, C.; WRIGHT, L.** *Serviços: marketing e gestão*. São Paulo: Saraiva, 2002.
- MONTEVECHI, J.A.B.; PINHO, A.F. de; LEAL, F.; MARINS, F.A.S.** *Application of design of experiments on the simulation of a process in an automotive industry*. In: Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference, Washington, DC, USA.
- 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
- PEKARCIKOVA, M.; TREBUNA, P.; MARKOVIC, J.** *Simulation as part of Industrial Practice*. Acta Logistica, 2, 2015
- PERIN FILHO, C.** *Introdução à simulação de sistemas*. 1995. Campinas, SP: Editora da UNICAMP.
- PRADO, D.** *Teoria das filas e da simulação - Série pesquisa operacional*; vol.2. Belo Horizonte, ed. DG Desenvolvimento Gerencial; 1999.