Universidade Estadual de Maringá - UEM
Campus Sede - Paraná - Brasil
v. 01, n. 02: p. 87-98, 2014

Revista Produção Industrial & Serviços

APLICAÇÃO DE MODELO DE SIMULAÇÃO DINÂMICA UTILIZANDO O SOFTWARE "FLEXSIM" EM UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA

APPLIANCE OF A DYNAMICS SIMULATION MODEL USING THE SOFTWARE "FLEXSIM" IN A METALLURGICAL INDUSTRY

Felipe Luís Borghi[1]
Maísa Camargo da Silva[1]
Manoel Francisco Carreira[1*]

[1]Universidade Estadual de Maringá – Centro de Tecnologia – Departamento de Engenharia de Produção - Maringá – Paraná.
*Autor para correspondência. E-mail: mfcarreira@uem.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar, por meio do Software de Simulação "Flexsim", um modelo computacional do funcionamento dinâmico do fluxo produtivo de uma Indústria Metalúrgica, que fabrica tanques subterrâneos jaquetados com volume de 30.000 l pleno. Este trabalho discutirá ainda proposições e variações de cenários, procurando entender como alterações em alguns parâmetros do processo produtivo podem dar origem a diferentes cenários e consequentemente gerarem resultados diferentes. Além disso, este trabalho é um complemento e parte do processo de avaliação da disciplina de Simulação de Sistemas de Produção do curso de Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá.

***Palavras-chave**: Simulação Dinâmica; Flexsim; Indústria Metalúrgica.*

Abstract

The objective of this work is to present through the Simulation Software "Flexsim", a computational model of the dynamic behavior of the production flow of a Metallurgical Industry, which manufactures 30.000 liters underground jacketed tanks. This work will discuss propositions and an exchange of scenarios, trying to understand how changes in some parameters of the production process might originate different results. Besides that, this work is part of the evaluation process of the Production Systems Simulation discipline of the course of Manufacturing Engineering of the State University of Maringá.

***Key-words**: Dynamic Simulation; Flexsim; Metallurgical Engineering.*

1. Introdução

A Simulação Dinâmica tem como base os conceitos de modelagem e simulação, o primeiro se refere como uma representação simplificada de uma entidade ou um determinado processa mais complexo, o segundo é a imitação de um dispositivo real ou estado de um negócio (DYNAMINE, 2014). De forma resumida, a modelagem é uma maneira de resolver problemas que ocorrem no mundo real, a simulação é o processo de execução desse modelo.

Através da simulação, é possível observar e compreender como certos sistemas são afetados ou tem seu comportamento normal alterado por meio de alguns fatores sem necessariamente precisar alterar o sistema real. Essa é uma maneira bastante eficaz e que reduz custos na busca por melhorias em um sistema, pois ao permitir que você simule em um ambiente virtual, de forma dinâmica, uma série de riscos e custos operacionais do mundo real é eliminada, tornando assim a Simulação Dinâmica uma ferramenta de extrema importância para o planejamento de sistemas produtivos ou na proposição de melhorias e inovações (FLEXSIM, 2014).

No presente trabalho, utilizamos o *Software FlexSim* para a simulação dinâmica do ambiente produtivo de uma Indústria Metalúrgica, que produz tanques subterrâneos jaquetados, com volume único. Embora no presente caso a fábrica trabalhe e opere com um único produto em sua linha de produção, o *FlexSim* é um simulador de manufatura complexo que permite a modelagem de linhas de produção complexas, com diferentes produtos, o programa permite a visualização do ambiente fabril em uma perspectiva 3D, tornando o entendimento e visualização do sistema mais simples e interativo. O programa possui diversas aplicações, podendo destacar o planejamento de layouts e linhas de produção, sistemas de logística e distribuição e planejamento de transportes, dentre outros.

Assim, combinando o conhecimento teórico dos conceitos de Simulação Dinâmica com a aplicação prática no *software* de simulação mencionado, é possível observar o comportamento do sistema e mensurar sua produtividade, além de testar diferentes cenários e opções para propor melhorias no processo ou no sistema produtivo como um todo.

2. Contextualização

O ambiente simulado é uma indústria de médio porte do ramo metalúrgico e se localiza na cidade de Maringá, no estado do Paraná. Atualmente possui 147 colaboradores diretos.

Sua fundação ocorreu em 1994, por um colaborador experiente no ramo de caldeiraria, que após trabalhar 29 anos no ramo metalúrgico para a mesma empresa e vê-la ir a falência, enxergou a oportunidade de montar sua própria empresa, iniciando seus trabalhos de montagem de tanques e manutenções de equipamentos. Em Agosto de 2008, com o crescimento dos negócios, surgiu a necessidade de ampliar as instalações industriais, assim, foi inaugurada a segunda unidade industrial para fabricação de Tanques para Combustível Jaquetados, representados na Figura 1.

Figura 1 - Tanques para Combustível Jaquetados de 30.000 L (plenos)

Fonte: O autor (2014)

2.1 Fluxo do processo produtivo

1. Recebimento de matéria prima: A matéria prima principal são chapas de aço. As chapas são armazenadas em local adequado e especificado dentro da fábrica, quando é recebida a ordem de produção, a chapa é separada e destinada à produção.

2. Corte da chapa no Plasma: As chapas que precisam ser cortadas são encaminhadas ao para o equipamento Plasma, as chapas são refiladas na largura certa para complementar a estrutura do tanque.

3. Rebordeadeira: Se a chapa que foi cortada no plasma for ser utilizada como tampo no tanque, esta segue para a Rebordeadeira. Caso contrário a chapa cortada segue para o processamento na Calandra.

4. Calandra: As chapas que seguem para a Calandra irão formar os anéis do tanque.

5. Montagem: Nesta etapa da produção, os anéis produzidos nas etapas anteriores são unidos por meio de pontos de solda, os tampos também são soldados nesta etapa.

6. Soldagem por arco submerso: As junções anel-anel e anel-tampo passam pela etapa de soldagem por arco submerso, que consiste em gerar o calor necessário para fundir o metal por um arco elétrico, criado entre a peça de trabalho e a ponta da soldagem.

7. Acessórios: Após montar e soldar o tanque, são incluídos acessórios, como boca de visita, luva de descarga, tubo de monitoramento, alça de içamento e luva para vacuômetro.

8. Ensaios de Qualidade: Antes de laminar o tanque são realizados testes de Qualidade, denominados ensaios para verificar se existem falhas na soldagem ou na montagem dos acessórios do tanque.

9. Laminação: O tanque é levado para a laminação, neste processo, 75% do tanque é envolto por um filme, neste local ocorre o desplacamento do costado do tanque com a camada de fibra. Em seguida, o tanque é laminado com fibra de vidro e resina

10. Pintura: Posteriormente ao descrito processo de laminação, o tanque é pintado, etapa que confere o prolongamento da vida útil do mesmo e maior resistência aos efeitos prejudiciais do meio.

11. Expedição: Finalizando o processo de produção, o tanque é encaminhado para a expedição, onde fica em estoque e é então encaminhado para transporte de acordo com os pedidos.

2.2 Aplicações

Os tanques são utilizados para armazenagem subterrânea de fluidos (mais especificamente combustíveis) em postos de abastecimento e revendedores, à pressão igual ou maior do que a atmosférica. A qualidade dos tanques produzidos deve ser bastante rigorosa, pois possuem alto nível de periculosidade no caso da possibilidade de vazamento ou derrame de combustível.

3. Resultados e discussões

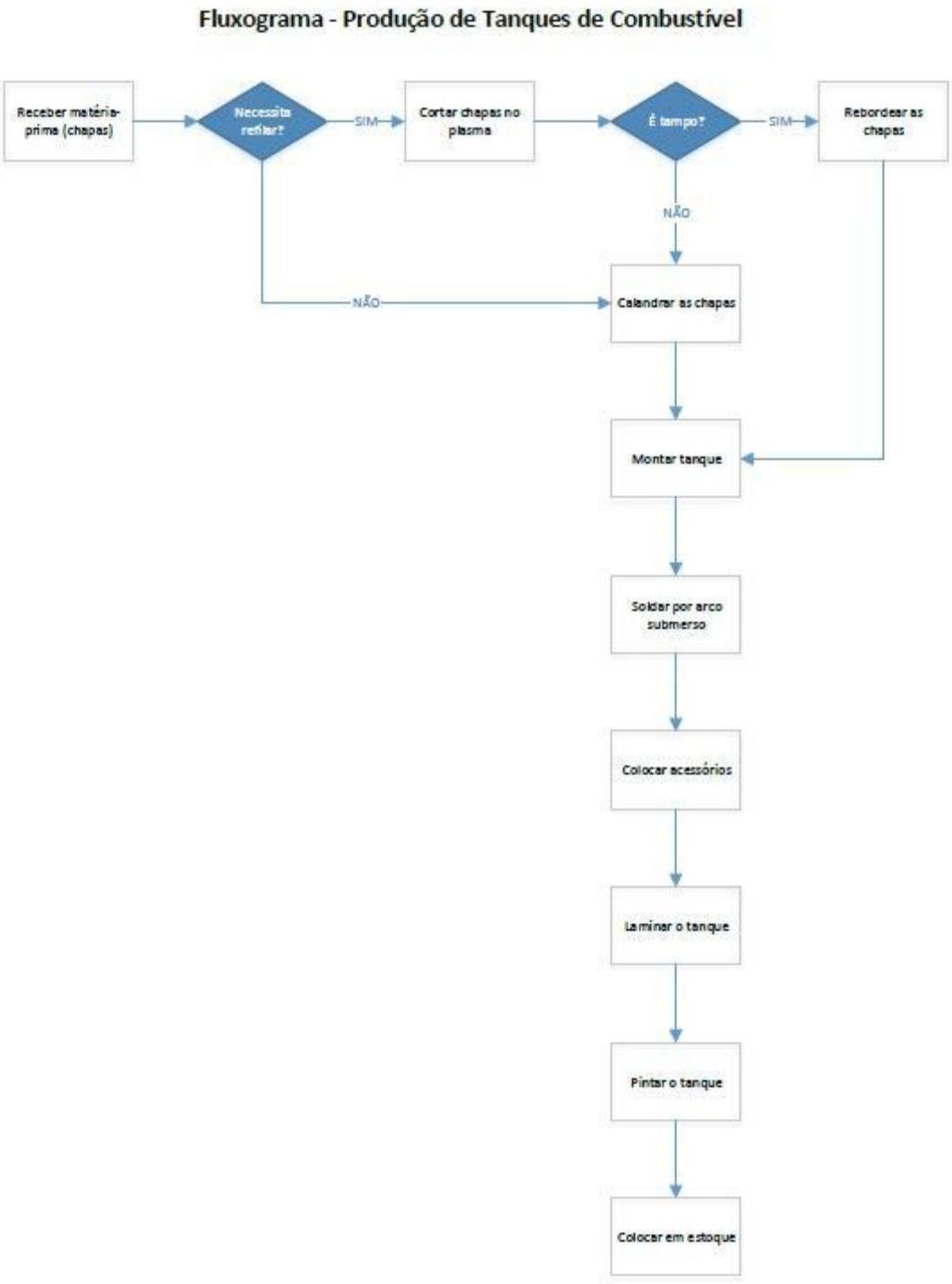
Neste tópico serão apresentados os resultados referentes à simulação real do ambiente produtivo, bem como as alterações de cenários propostas e os seus resultados para comparação com o cenário real.

3.1 Ambiente e parâmetros da simulação

A simulação desenvolvida considerou uma produção contínua, operando num regime de 16 horas por dia, durante 10 dias. O tempo dos processos obtido foi considerado com desvio padrão de 5% do tempo informado pelos responsáveis da fábrica.

O fluxograma de processo pode ser observado na Figura 2:

Figura 2 - Fluxograma da Produção de Tanques de Combustível



Fonte: O autor (2014).

Os dados referentes ao sistema produtivo estão apresentados na Tabela 1:

Tabela 1 - Cronoanálise do Processo

Cronoanálise Tanque DJ 30 P 30		
Operação	***Tempos***	***OBS***
Plasma	10 min	
União e soldagem dos tampos	10 min	
Calandragem	40 min	Cada anel (4 anéis)
Rebordeadeira	20 min	Cada Tampo (2 tampos)
Montagem do tanque (ponteamento)	3 horas	
Soldagem no arco submerso	1 hora	
Soldagem acessórios	2 horas	
Ensaio e Laminação	5 horas	
Pintura e inspeção (Término do tanque)	4 horas	

Fonte: O autor (2014)

Assim, a partir dessas observações, foi possível elaborar o modelo do ambiente fabril no *software FlexSim*, como é possível observar na Figura 3:

Figura 3 - Modelo do processo produtivo no software *Flexsim*

Fonte: O autor (2014)

O primeiro objeto à esquerda é o gerador de matéria prima, no caso as chapas de aço, mencionadas na etapa um do fluxo do processo produtivo, na sessão 2.1 deste trabalho. Para o caso em questão, foi levado em conta que a matéria prima encontra-se disponível no estoque da empresa, portanto sua taxa de geração é idêntica ao tempo de corte da máquina de plasma, ou seja, o sistema foi projetado de forma a considerar que a máquina de plasma sempre possui material disponível para produção.

O estoque MP é o objeto do tipo fila, que corresponde ao local onde as chapas são armazenadas e transportadas por uma empilhadeira até a máquina de corte Plasma, em azul na figura, que constitui de fato o primeiro processo do ponto de vista de transformação.

Após essa etapa, parte do material é encaminhada para a Calandra e parte será destinada à Rebordeadeira, nas quais serão produzidas 4 anéis e 2 tampos do tanque, respectivamente, esses objetos são então transportados por uma segunda empilhadeira até o estoque intermediário, onde posteriormente serão transportados por essa empilhadeira até o processo de montagem.

Na montagem ocorrem as soldas dos tampos e anéis, os quais serão transportados pela ponte rolante até o processo de Soldagem à Laminação, que é um *Multiprocessor*, ou seja, uma máquina que executa processos diferentes na mesma estação. Nesta etapa irá acontecer as soldagens de arco submerso, a soldagem dos acessórios, os ensaios de qualidade e a laminação do tanque.

Finalmente, no processo final o tanque é encaminhado para a estação de pintura, e após este processo vai para o estoque de expedição, no qual o mesmo está pronto para venda e encaminhamento para o transporte.

3.2 Resultados do ambiente real

Após o período acima mencionado, a simulação apresentou os seguintes resultados, observados na Tabela 2:

Tabela 2 - Resultados processo real

Processo/Item	**Input (uni)**	**Output (uni)**	**Estoque interm. (uni)**	**Tempo médio de processamento (s)**	**Tempo médio de permanência (s)**
Plasma	147	146	1	600	3875
Conveyor Calandra	73	61	12	-	101082
Conveyor Rebordeadeira	75	73	2	-	4147
Calandra	61	60	1	9600	9546
Rebordeadeira	73	72	1	2400	2421
Fila montagem	132	53	79	-	216714
Montagem	53	52	1	10800	10885
Fila Soldagem-Laminação	52	20	32	-	167765
Soldagem Laminação	20	19	1	28800	28600
Pintura	19	19	0	14400	14600
Estoque Expedição	19	18	1	-	14396
Saídas	18	-	-	-	-

Fonte: O autor (2014)

Dessa forma, podemos observar a produtividade ao longo da linha, os estoques intermediários, o tempo esperado de processamento e o tempo médio de permanência do item naquela estação.

A partir disso, conseguimos observar algumas informações valiosas para o presente trabalho, pois pela quantidade de itens em estoque no *conveyor* da Calandra, podemos perceber que este processo é um gargalo, isto é reforçado pelo fato de o tempo de permanência do item no processo de Plasma ser muito mais elevado do que o seu tempo de processamento, pois o mesmo fica parado já que não há necessidade de enviar material para a Calandra.

Com os conceitos de Engenharia de Produção e da filosofia *Lean*, podemos pensar na Calandra como um dos primeiros pontos a se pensar para alterar e melhorar os resultados do ambiente produtivo.

Dando sequência no ambiente produtivo, podemos observar que há uma elevado estoque intermediário na fila de montagem, pois a mesma tem 79 itens em estoque e apenas 53 itens como *output*, ou seja, os processos anteriores estão sendo muito mais rápidos do que o processo de montagem que está atuando em boa capacidade, visto que seu tempo de processamento e o tempo médio de permanência do item são praticamente idênticos .

Em sequência, vemos mais um processo de fila após o processo de montagens, que é o de componentes aguardando para dar início o *multiprocessor* no qual serão feitas soldagens, ensaios de qualidade e laminação, esta fila também possui um elevado estoque intermediário, novamente a comparação do tempo médio de permanência e processamento mostra que o *multiprocessor* está trabalhando em plena capacidade.

Após este processo o fluxo é bastante satisfatório, não havendo fila entre o *multiprocessor*, a pintura e o setor de expedição.

Dessa forma, as alterações de cenários propostas visam minimizar o tempo de permanência do item nas máquinas e reduzir os estoques intermediários.

3.2 Resultados dos cenários propostos

A primeira alteração de cenário proposta é feita unicamente em relação à Calandra, identificada como nosso gargalo inicial. A Tabela 3 apresenta os resultados dos mesmos itens observados na modelagem real para efeito de comparação. O Cenário consiste na aquisição de uma segunda calandra.

Tabela 3 - Resultados Cenário Proposto 1

Processo/Item	**Input (uni)**	**Output (uni)**	**Estoque interm. (uni)**	**Tempo médio de proc. (s)**	**Tempo médio de perman. (s)**
Plasma	268	267	1	600	2098
Conveyor Calandra	130	118	12	-	53071
Conveyor Rebordeadeira	133	132	1	-	5400
Calandra	118	116	2	9600	19205
Rebordeadeira	127	127	0	2400	2410
Fila montagem	247	53	194	-	233128
Montagem	53	52	1	10800	10885
Fila Soldagem-Laminação	52	20	32	-	167765
Soldagem Laminação	20	19	1	28800	28600
Pintura	19	19	0	14400	14600
Estoque Expedição	19	18	1	-	14396
Saídas	18	-	-	-	-

Fonte: O autor (2014)

Assim, podemos observar que a aquisição de uma segunda Calandra teria pouco impacto na produção, de modo que do processo de montagem em diante, nenhuma alteração seria percebida, a única melhoria seria na diminuição do tempo de permanência dos produtos na esteira da Calandra, mas isso não representaria nenhuma melhora econômica.

A segunda alteração proposta consiste em duplica a capacidade do processo de Montagem, nesse cenário, o número de Calandras volta a ser 1, podemos ver esse cenário na Tabela 4:

Tabela 4 - Resultados Cenário Proposto 2

Processo/Item	**Input (uni)**	**Output (uni)**	**Estoque interm. (uni)**	**Tempo médio de proces. (s)**	**Tempo médio de perman. (s)**
Plasma	147	146	1	600	3875
Conveyor Calandra	73	61	12	-	101082
Conveyor Rebordeadeira	75	73	2	-	4147
Calandra	61	60	1	9600	9546
Rebordeadeira	73	72	1	2400	2421
Fila montagem	132	104	28	-	92280
Montagem	104	102	2	10800	10700
Fila Soldagem-Laminação	102	20	82	-	221444
Soldagem Laminação	20	19	1	28800	28600
Pintura	19	19	0	14400	14600
Estoque Expedição	19	18	1	-	14396
Saídas	18	-	-	-	-

Fonte: O autor (2014)

Percebemos que duplicar a capacidade do processo de montagem gera uma série de benefícios, como por exemplo a eliminação significativa do estoque intermediário na fila do processo de montagem, que cai de 79 para apenas 28 itens, entretanto, isso não gera uma melhoria global no sistema, pois o processo seguinte de Soldagem-Laminação, continua sendo um gargalo, dessa forma a produção do produto final continua a mesma e os estoques de produtos aguardando a soldagem aumenta, ou seja, o problema do gargalo é melhorado na montagem, mas não altera o sistema .

O último cenário elaborado considera duas alterações simultâneas, no caso a duplicação da estação de montagem e da estação *multiprocessor* onde ocorre a Soldagem – Laminação. Esta alteração foi realizada pois como vimos na alteração anterior, a melhoria isolada do processo de montagem não afeta o output do produto final.

A Tabela 5 apresenta o resultado obtido no cenário proposto 3:

Tabela 5 - Resultados Cenário Proposto 3

Processo/Item	**Input (uni)**	**Output (uni)**	**Estoque interm. (uni)**	**Tempo médio de proces. (s)**	**Tempo médio de perman. (s)**
Plasma	147	146	1	600	3875
Conveyor Calandra	73	61	12	-	101082
Conveyor Rebordeadeira	75	73	2	-	4147
Calandra	61	60	1	9600	9546
Rebordeadeira	73	72	1	2400	2421
Fila montagem	132	104	28	-	92280
Montagem	104	102	1	10800	10700
Fila Soldagem-Laminação	102	38	64	-	172630
Soldagem Laminação	38	36	2	28800	28600
Pintura	36	35	1	14400	14561
Estoque Expedição	35	34	1	-	7389
Saídas	34	-	-	-	-

Fonte: O autor (2014)

Finalmente, foi possível perceber ganho significativo ao longo de todo o processo, todos os estoques intermediários diminuíram em relação à modelagem do problema real, os tempos médios de permanência nas máquinas também diminuíram significativamente e a capacidade produtiva do sistema quase dobrou, produzindo 35 tanques no mesmo período em que o sistema real era capaz de produzir 19.

4. Conclusões

A partir da utilização do *software FlexSim* para simulação do ambiente produtivo e de sua ferramenta estatística *Experimenter*, pode-se extrair informações valiosas para a linha de produção da empresa simulada neste modelo.

A identificação dos gargalos produtivos pode por diversas vezes ser um processo longo e exaustivo, que requer diversas experimentações em sistemas reais, gerando custos, horas de produção perdidas e outros problemas. Com a ferramenta de simulação, foi possível propor alterações rapidamente a fim de identificar o(s) gargalo(s) de forma rápida e barata.

Por meio dos testes onde foi duplicada a capacidade de todos os processos que geravam elevados estoques intermediários, identificamos que no modelo não há apenas um

gargalo, mas sim dois gargalos simultâneos, sendo eles o processo de montagem e o *multiprocessor*, onde acontece a Soldagem-Laminação dos tanques.

Após a experimentação do último cenário, pudemos perceber que a duplicação de capacidade desses dois processos aumenta significativamente a capacidade produtiva no mesmo período, passando de 19 para 35 tanques.

De posse dessa informação, cabe à empresa avaliar seus interesses e planejamento estratégico para tomar uma decisão, é preciso considerar tanto o valor do investimento necessário para a duplicação dessa produção, considerando não apenas o custo de aquisição e instalação das máquinas e linhas de montagem, mas também a possível necessidade de contratar novos funcionários, aumento de gastos com energia elétrica, matéria prima, horas paradas de produção para adequação do ambiente, aspectos ergonômicos e de Layout. De posse dessas informações, a empresa pode mensurar os ganhos que terá com o aumento da produção e venda dos tanques (considerando que haja demanda para isso) e avaliar qual o prazo de retorno deste investimento e sua Taxa Interna de Retorno, avaliando assim se o investimento é interessante ou não.

Dessa forma, pudemos perceber o grande potencial e utilidade prática dos *softwares* de Simulação Dinâmica.

Referências

FLEXSIM. Disponível em: <http https://www.flexsim.com/pt//>. Acesso em: 22 nov. 2014.

DYNAMINE. SIMULAÇÃO DINÂMICA. Disponível em: <http://www.dynamine.com.br/#!simulcao-dinamica/cjvu//>. Acesso em: 22 nov. 2014.