

MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA A IMPLANTAÇÃO E MELHORIA DE LINHA DE PRODUÇÃO

MODELING AND COMPUTER SIMULATION FOR THE IMPLEMENTATION AND IMPROVEMENT OS PRODUCTION LINE

Fernanda Biazetto¹

Gilberto Clóvis Antonelli^{1*}

Samuel Oliveira Silva Filho¹

¹Universidade Estadual de Maringá – Centro de Tecnologia – Departamento de Engenharia de Produção - Maringá – Paraná.

*Autor para correspondência. E-mail: gcantonelli@uem.br

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo a implementação e melhorias da linha produtiva de uma empresa especializada em colchões magnéticos terapêuticos, com o auxílio da simulação computacional, buscando assim sanar os gargalos presentes no processo a fim de que a meta de produção diária visada pela empresa seja atingida. Para isso, foi utilizado a cronoanálise para aferir o tempo de cada processo produtivo, posteriormente os dados foram implementados no software FlexSim aonde foi possível simular a produção e propor melhorias ao processo.

Palavras-chave: *Simulação; FlexSim; Fábrica de colchões.*

Abstract

This work aims to implement and improve the production line of a company specializing in therapeutic magnetic mattresses, with the help of computer simulation, thus seeking to remedy bottlenecks present in the process so that the daily production target aimed by the company is reached. For this, we used the cronoanálise to measure the time of each production process, after the data were implemented in Flexsim software where it was possible to simulate the production and propose improvements to the process.

Key-words: *Simulation; FlexSim; mattress factory.*

1. Introdução

No momento atual a concorrência nos mais variados segmentos industriais está cada vez mais acirrada, pois se de um lado temos o grande uso de tecnologia de ponta e a velocidade de informações, garantindo uma maior agilidade no desenvolvimento de produtos

e serviços, por outro lado, a competição entre as empresas aumenta devido à grande variedade de produtos, qualidade, preço, atendimento e outros, dessa forma, o mercado consumidor passa a exigir a qualidade e baixo custo.

Para atender esses requisitos exigidos pelo mercado consumidor, as empresas são obrigadas a continuamente inovar os seus meios de produção e de adotar novas filosofias, visando o aumento do nível de competitividade e suas chances de sobrevivência. Uma ferramenta que auxilia a atingir estes objetivos é a simulação de processos produtivos através de softwares computacionais (SILVA, 2010).

A simulação de sistemas produtivos com a utilização de softwares apresenta grande potencial para auxiliar engenheiros e gestores no planejamento estratégico operacional. O uso dessa ferramenta pode melhorar muito a capacidade de análise de processos complexos e a tomada de decisões. Através da modelagem e, conseqüentemente, a simulação pode-se descrever o comportamento real do sistema ou parte do mesmo, demonstrando seu funcionamento, facilitando a elaboração de teorias e ideias para a solução dos mais variados problemas pertinentes ao processo produtivo, permitindo a observação de impactos de risco (MUNIZ *et. al*, 1998).

Atualmente, o uso da simulação nas organizações vem se difundindo e estão sendo utilizados não só para resolver problemas específicos, mas incorporam a técnica em suas operações do dia a dia conseguindo, assim, constantes benefícios (RUSSEL; PASSOS, 2013).

Segundo Shannon (1998) os objetivos da simulação são: o estudo de novas políticas e procedimentos, a determinação dos fatores mais significativos com relação aos impactos provocados no desempenho do sistema, a combinação de parâmetros que produzem o melhor resultado, e análise de gargalos produtivos. A ferramenta pode ser usada para avaliar flutuações na demanda e mudanças na programação da produção além de auxiliar no treinamento e aprendizado de operadores, aprimorando suas práticas. Outra vantagem do método se refere à possibilidade de testar novos arranjos físicos, e sistemas de movimentação em vários cenários distintos.

Por esses motivos decidiu-se pela utilização da simulação para ajudar na resolução do problema de balanceamento de linha de produção de uma empresa de colchões magnéticos, situada na cidade de Maringá - Paraná, tal situação vem impactando nos resultados esperados pela empresa, pelo fato de não estar sendo atingida a meta de produção do produto. Para tentar resolver isso foi feita a modelagem do processo produtivo utilizando o software

Flexsim, alimentado com dados reais e validados. Os dados utilizados foram os tempos correspondente de cada processo, para isso, foi utilizada a cronoanálise, medindo o tempo de cada processo, *in loco*, com a utilização de um cronometro calibrado em laboratório especializado.

A cronoanálise tem sua origem fortemente atribuída aos trabalhos feitos por Frederick Taylor (1856-1915) e Frank Bunker Gilberth (1885). A cronoanálise é uma ferramenta avançada de qualidade que permite o conhecimento detalhado das atividades evidenciando pontos passíveis de melhoria, usa a cronometragem como ferramenta e apura melhor a medição do tempo real para a indicação do tempo previsto, é aplicável em qualquer setor onde haja a atividade humana, possuem diversas finalidades como: base para cálculo de remuneração variável; formar tabelas de tempos planejados; indicar os potenciais de racionalização; identificar atividades que agregam e não agregam valor; determinação dos tempos padrões e balanceamento de linha (BORTOLI, 2013).

Também foram coletados o número de operadores no processo, o número de matéria-prima presente nos palets de abastecimento dos processos e horário de trabalho da produção.

Com todos os dados e o modelo pronto foram feitas as devidas análises focando na resolução do problema em questão, elaborou-se uma primeira hipótese com o modelo criado, entretanto, notou-se que foi resolvido o problema inicial, mas surgiu uma nova situação que demandou uma segunda análise, assim, foi feita a modelagem do segundo cenário e, finalmente, conseguiu-se resolver todos os entraves e sanar o problema alvo.

2. Contextualização

A organização onde realizou-se o estudo foi a *Nipponflex - Preservando a vida*, indústria do segmento de colchões magnéticos terapêuticos. Esses colchões magnéticos possuem grande benefício a saúde e foram criados pelo Doutor Kunio Akutsu, que era um especialista japonês em Medicina do Esporte e doutorado em Fisiologia na Alemanha, também se dedicou a Medicina Preventiva baseando boa parte de seus estudos na importância da coluna vertebral.

Dr. Akutsu iniciou as pesquisas com magnetismo para uso preventivo em benefício da saúde em 1953, desenvolvendo diversos aparelhos, mas que necessitava de muita disciplina para o uso diário e não fizeram sucesso devido à correria do dia-a-dia. A partir dessa experiência negativa, ele teve a ideia de fazer um aparelho que não precisasse de esforço para seu uso, lançando assim, em 1973, o primeiro colchão magnético, revolucionando a medicina

preventiva até os dias de hoje. É nesse contexto que se enquadra a *Nipponflex* líder do mercado brasileiro nesse segmento.

A história da *Nipponflex* começa com a vinda para o Brasil de uma empresa jovem chamada Nihon Kenko Zoushin Kenkyukai (Nikken), que fabricava e comercializava colchões magnéticos, isso em 1983. Esse ramo atraiu o fundador da *Nipponflex*, após muito estudo sobre o ramo e experiência adquirida em outras empresas do segmento e em empresas próprias, surge, em 2000, a organização em estudo.

Com sede em Maringá, situada no Noroeste do Paraná, a *Nipponflex* iniciou suas atividades em 30 de março de 2000 e hoje possui 20 filias espalhadas estrategicamente em todo o país, além de duas nos Estado Unidos. Unindo pesquisas científicas e análises medicinais que estabeleceram um padrão fundamental de qualidade em aparelhos com terapia para o repouso, criou-se novos modelos utilizando tecnologias exclusivas, que aliam qualidade, beleza e um marketing exclusivo de vendas, a *Nipponflex* revolucionou o segmento de colchões magnéticos. Sempre acompanhando as tendências de mercado e vem atendendo os anseios do público consumidor, hoje a empresa é referência de qualidade na fabricação de seus produtos e líder de mercado, exportando para diversos países da América do Norte, Europa e África, possuem certificação da ISO 9001, ISO 14001, INMETRO, e por ser considerado um produto de saúde, obteve certificação também da Anvisa/Ministério da Saúde, todas as certificações passam por auditorias periódicas para garantir a qualidade e conforto ao consumidor final.

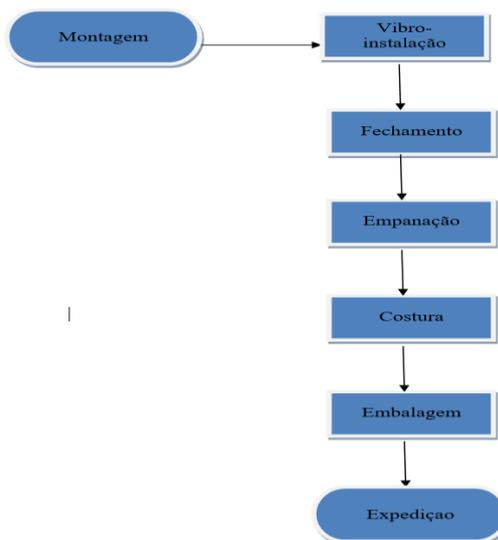
A fábrica atualmente produz, no total, 10 famílias diferente de produtos, com uma única linha de produção para todos esses modelos, com uma meta diária estabelecida de 300 colchões no total. A produção funciona em um turno de 8 horas, cinco dias por semana. Desses 300 colchões as demandas para cada família de produto são distintas entre si, destacando uma em especial, os colchões "*Quality*", que possui uma demanda de aproximadamente 85 colchões diários, que sozinhos representam 28% do total produzido, o restante da meta diária fica dividido em pequenas quantidades para as outras nove famílias de produtos. Com a dificuldade de atingir a meta final, e a alta demanda de uma família específica de produto, optou-se por criar uma linha de produção, baseada na já existente, dedicada para os colchões "*Quality*". Então, montou-se a linha, composta por uma mesa de montagem, uma mesa de vibro-instalação, uma mesa de fechamento, uma mesa de empanação, duas mesas para costura e uma mesa para embalagem, porém sem um estudo

mais minucioso e detalhado, baseando-se apenas nas experiências profissionais, o que não atingiu os resultados esperados.

A linha de produção específica para os colchões "Quality", criada inicialmente confiando apenas na intuição de alguns colaboradores, não havia sequer feito uma análise dos tempos de processos para que se montasse uma linha de produção ao menos equilibrada, dessa forma surgiu um alto estoque entre o processo da montagem e vibro-instalação e uma falta de capacidade de atingir a meta diária.

Dessa forma um estudo mais criterioso e detalhado foi realizado para tentar acabar com esse problema e atingir a meta de produção, para isso utilizamos a simulação de cenários com o software FlexSim e a cronoanálise para obtenção e estudo dos tempos dos processos competentes a essa linha de montagem. Os processos que compõem a linha de produção dos colchões "Quality" e as suas respectivas sequências estão representados pela Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma do processo



Fonte: Autoria própria (2014)

Montagem: É o primeiro processo da linha, esse processo é responsável por pegar a caixa ortopédica, que é uma placa de isopor de 7,5cm, colocá-la sobre a mesa de montagem, passar cola, colar a primeira camada de espuma, passa cola novamente, cola-se a segunda camada de espuma, passa cola mais uma vez, cola-se o Aglomerado, que é também uma espuma só que com uma densidade maior e por fim encaminha ao próximo processo.

Vibro-instalação: Esse processo fica responsável por instalar os motores dos vibromassageadores no aglomerado da estrutura montada no processo anterior. Esse aglomerado já vem com os furos onde os motores serão instalados. O processo consiste em colocar o colchão

na mesa, desenrolar o Kit de vibro-massageadores que serão instalados, passar cola nos furos, colar os motores, soldar o conector para controle, testar, e por fim encaminha ao próximo processo.

Fechamento: Esse processo consiste em colar as duas últimas camadas de espuma que irá compor o colchão. Este setor consiste em passar cola sobre o aglomerado com os vibro-massageadores já instalados, colar a espuma D-40, passar cola, colar o rabatan, que é uma espuma de poliuretano especial tratada com agentes antibacterianos e antifungos, e então encaminha-se para o próximo processo.

Empanação: Responsável por preparar o colchão para a costura, é colocado os tecidos que serão costurados no colchão. O processo consiste em colocar o colchão na mesa, pegar o tecido lateral e colocar no colchão, colocar o tecido superior e prender na faixa lateral, virar o colchão, colocar o tecido inferior e encaminhar para a costura.

Costura: Esse processo consiste em costurar os tecidos superiores e inferiores no tecido lateral. As etapas são de colocar o colchão na mesa de costura, costura o tecido inferior no tecido lateral, virar o colchão, costurar o tecido superior no tecido lateral e encaminha-lo para a embalagem.

Embalagem: Processo responsável por embalar o produto e encaminhá-lo para a expedição. As etapas desse processo são de pegar o colchão, colocar dentro do saco plástico, colar as etiquetas do produto e o selo do INMETRO, colocar na caixa, selar e enviar para a expedição.

No quadro a seguir temos os tempos correspondente de cada processo, obtido *in loco*, através dos métodos da cronoanálise.

Quadro 1 – Tempos dos processos

Processo	Tempo (segundos)
Montagem	258
Vibro-instalação	540
Fechamento	228
Empanação	210
Costura	810
Embalagem	180

Fonte: Autoria própria (2014)

Com os tempos e todo o processo mapeado foi inicializada a análise, modelagem e simulação dos possíveis novos cenários no software FlexSim. Fazendo uma primeira análise dos tempos, buscando balancear a linha para eliminar os estoques entre os processos, notou-se que o tempo do processo de vibro-instalação era aproximadamente o dobro do tempo de processamento da montagem, transparecendo a necessidade de mais uma mesa de vibro-instalação para acabar com o estoque entre os processos citados acima e melhorar o fluxo de toda a linha para que a meta fosse alcançada.

Foi montada uma nova linha de produção (Cenário 1), muito parecida com a primeira, distinguindo-se apenas pelo fato de possuir duas mesas de vibro-instalação ao invés de uma. Essa nova linha foi modelada e simulada com o software FlexSim novamente. Após a nova simulação, o problema inicial de estoque entre os processos de montagem e vibro-instalação foi resolvido, houve um aumento na quantidade de peças produzidas, todavia ainda sem atingir a meta estabelecida, além disso, surgiu um novo problema no processo, após sanar o primeiro gargalo de estoques de produtos semiacabados entre a linha de montagem e a linha de vibro-instalação, ocorreu um novo acúmulo de estoques, desta vez entre os setores de empanação e costura, o que emperrava o fluxo da linha produtiva.

Optou-se então pela elaboração de um outro cenário (Cenário 2), uma linha de produção análoga as anteriores, porém, com 3 mesas para costura ao invés de duas e mantendo as duas mesas de vibro-instalação. Esse Cenário 2 foi modelado e simulado mais uma vez no software FlexSim, e finalmente, se eliminou os estoques entre os processos, atingindo e até ultrapassando a meta diária de 85 colchões.

3. Resultados e Discussões

Com todos os dados obtidos e já previamente analisados, foram modelados e simulados um total de 3 cenários, sendo eles: Cenário real, Cenário 1 e Cenário 2.

Cenário real: Nesse modelo foi representado a linha de produção como ela estava instalada na fábrica, com os tempos correspondente de cada processo, número de operadores, turno de trabalho e disposição do layout físico, o modelo pode ser observado na Figura 2.

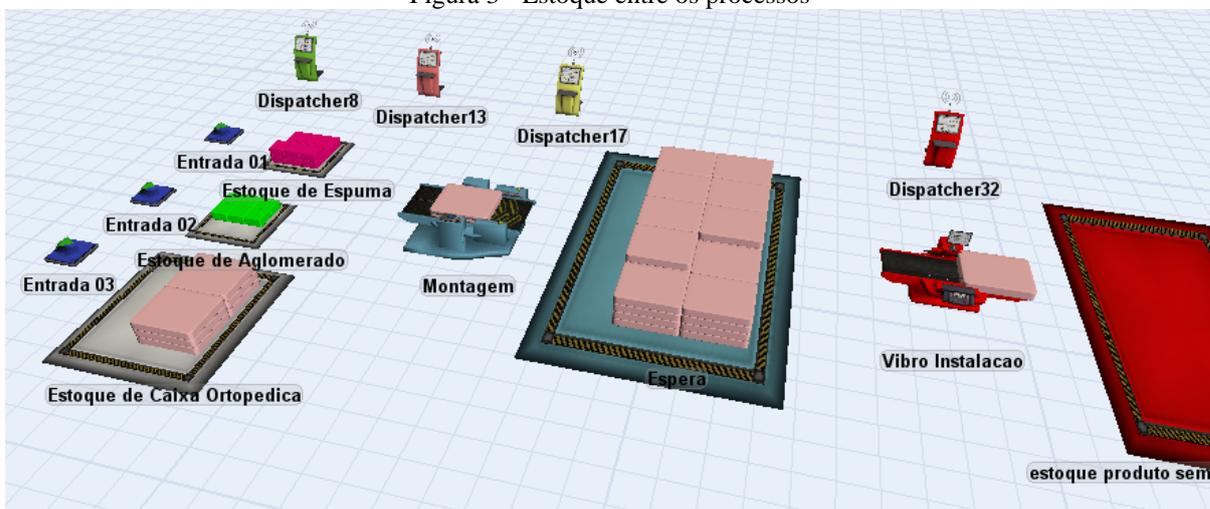
Figura 2 - Cenário real



Fonte: Autoria própria (2014)

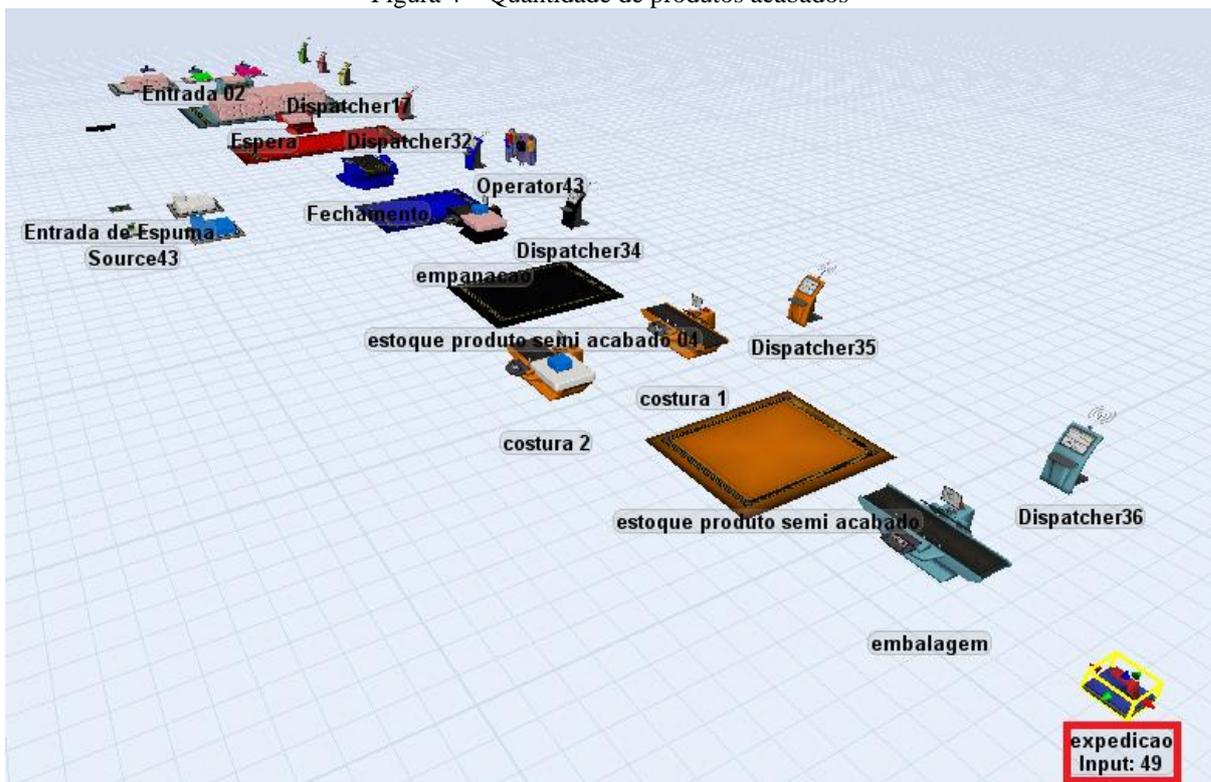
Após a simulação desse modelo pode-se constatar os problemas encontrados quando a linha foi instalada na fábrica, grande estoque de produtos semiacabados entre os processos de montagem e vibro-instalação, congestionando o fluxo de produtos na linha e o baixo número de produtos produzidos no final, que foi igual a 49 produtos acabados, bem próximo ao observado em um dia de serviço na fábrica que variou de 46 a 50 colchões "Quality" diários, e bem distante da meta de 85 colchões pré-estipulada pelo PCP da empresa. Esses problemas ficam evidenciados nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 - Estoque entre os processos



Fonte: Autoria própria (2014)

Figura 4 – Quantidade de produtos acabados



Fonte: Autoria própria (2014)

As Figuras 3 e 4 caracterizam bem os problemas encontrados no início do estudo, na Figura 3 verifica-se o grande estoque entre os processos destacados e na Figura 4 fica claro a baixa produtividade da linha e a necessidade de melhorias para atingir a meta de produção, por isso foi proposto o Cenário 1.

Cenário 1: após a identificação dos problemas pertinentes ao Cenário real, mudanças na linha de produção foram executadas e um novo modelo foi concebido, o novo modelo está representado pela Figura 5 logo abaixo.

Figura 5 – Cenário 1



Fonte: Autoria própria (2014)

Esse cenário é bastante semelhante ao primeiro, só que agora foi adicionado mais uma mesa para vibro-instalação, já que o seu tempo de processamento era de aproximadamente duas vezes o da montagem, o que gerava o alto estoque entre os processos, assim, o Cenário 1

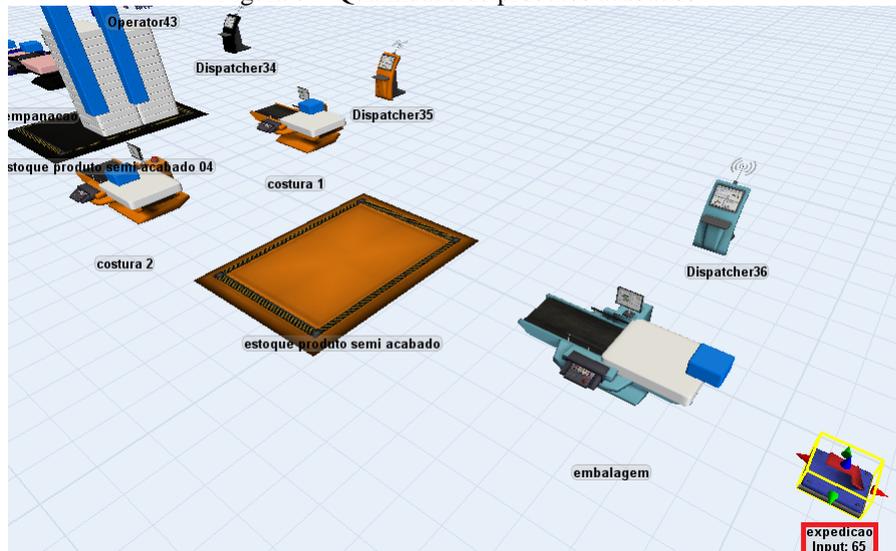
foi simulado e o problema do estoque entre os processos de montagem e vibro instalação acabou, porém, surgiu o mesmo problema entre os processos de empanação e costura, aumentou-se o fluxo de produtos na linha produtiva com a adição de mais uma mesa de vibro-instalação, porém, esse aumento não foi absorvido pelos costureiros sobrecarregando seu serviço, excedendo a capacidade deles. Dessa forma conseguimos elevar o número de produtos acabados de 49 para 64, ainda assim, longe da meta de 85 colchões por dia. As Figuras 6 e 7 demonstram isso.

Figura 6 – Estoque entre processos 2



Fonte: Autoria própria (2014)

Figura 7 – Quantidade de produtos acabados



Fonte: Autoria própria (2014)

Como o resultado ainda não tinha atingido o esperado e além disso com o surgimento de novos problemas, foi decido elaborar o Cenário 2, para a correção dos problemas encontrados.

Cenário 2: No cenário 2, visando reduzir o estoque de produtos entre os processos de empanação e costura e também de melhorar o fluxo na linha de produção para que a meta fosse enfim atingida, escolheu por adicionar mais uma mesa de costura passando a contar com 3 e não mais com duas, e foi mantida as duas mesas de vibro-instalação propostas no Cenário 1. Pode observar o novo arranjo físico na Figura 8.

Figura 8 – Cenário 2



Fonte: Autoria própria (2014)

Com o Cenário 2 devidamente modelado no software FlexSim, após a simulação conseguiu-se atingir o objetivo de acabar com os grandes estoques entre os processos e de atingir a meta pré-estabelecida de 85 colchões, garantindo uma produção diária de 92 colchões com a nova configuração da linha.

Figura 9 – Quantidade de produtos acabados e estoques entre processos



Fonte: Autoria própria (2014)

Na Figura 9 pode ser observado que os objetivos finais foram obtido, que eram o de eliminar os grandes estoques entre os processos – que compões a linha de produção, um melhor fluxo, e conseqüentemente, melhorar a produtividade. Conseguiu-se atingir a meta estipulada de 85 colchões, produzindo 92 colchões da família "Quality" ao final de um dia de trabalho.

3. Conclusão

Com esse estudo, após a utilização do software FlexSim, foi possível analisar a importância, e a funcionalidade de ferramentas computacionais para solução de gargalos em uma linha de produção.

Com a implementação do processo produtivo dos colchões “Quality” no software, foi possível analisar como o processo se comportavam na empresa, e com isso buscar soluções para os gargalos na produção. Encontrados os possíveis pontos de melhoria, foi possível simular as mudanças, para que se obtivesse novos dados do processo, buscando assim sanar os problemas, e atingir a meta de produção diária da empresa de 85 colchões “Quality”.

Ao final das simulações, foi possível acabar com os gargalos dos processos, e ultrapassar a meta diária de produção, atingindo os objetivos do experimento.

Por fim pode-se evidenciar a importância da simulação computacional, pois através da mesma, é possível buscar soluções antes mesmo do investimento em novos maquinários, desta forma, caso a proposta de melhoria não alcance resultados positivos é possível evitar o gasto com máquinas e ou materiais desnecessários.

Referências

BORTOLI, H. W. Aplicação da cronoanálise para melhoria do processo de suprimento da linha de montagem de uma empresa de grande porte do ramo agrícola. **FAHOR**, Horizontina, novembro. 2013. Disponível em: <http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngPro/2013/Pro_Henrique.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2014

MUNIZ, A. P.; CARVALHO, A. C.; IANAMASU, R.; PORTO, A. J. **Simulação na implementação tecnológica: solução ou problema?**. EESC/USP- Departamento de Engenharia Mecânica, São Carlos, outubro. 1998. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP1998_ART478.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2014

RUSSEL, R. O. M; PASSOS, F. U. Modelagem e simulação computacional para o balanceamento de linhas de montagem de eletrônicos. **Anais XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Salvador. outubro. 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enecep2013_TN_STP_177_012_22534.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2014

SHANNON, R. E. *Introduction to the art and science of simulation. Proceedings of the Winter Simulation Conference*. 1998.

SILVA, C. T. da. Simulação de processos industriais como ferramenta de apoio à gestão de projetos. **COPPE/UFRJ**, Rio de Janeiro, junho. 2010. Disponível em: <<http://www.oceanica.ufjf.br/labsen/Artigos/SPIFAG.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2014