

Utilização de simulação para processo de melhoria: um estudo de caso em uma Indústria Metal Mecânica

Daniel Generoso – UNIFAE – daniel.generoso@outlook.com

Júlio Oliveira – UNIFAE – jcoliveira1@yahoo.com.br

Lucimara Longuini – UNIFAE – luh_longuini@hotmail.com

Mateus Rigamonti – UNIFAE – mateus.rigamonti@thebe.com.br

Rodrigo Furlan de Assis – UNIFAE – furlanassis123@hotmail.com

Resumo:

A simulação de sistemas e modelagem vêm sendo muito empregada atualmente pelas empresas afim de planejar, organizar, desenvolver e realizar métodos para auxiliar os setores que necessitam de mudanças rápidas e eficazes, identificando gargalos e otimizando processos. Na presente pesquisa foram levantadas várias possibilidades de garantir a melhoria da produtividade em um setor específico de uma empresa no segmento de cilindros hidráulicos, utilizando-se do Software Arena e da metodologia Cronoanálise, foram levantados dados do setor de teste desde a chegada do cilindro até o processo final, identificando problemas de tempos, onde foram feitos balanceamentos e corrigidas através do Software proposto, melhorando também outros pontos como o layout, e consequentemente reduzindo tempos de movimentação e aumentando a produtividade.

Palavras-chave: Simulação; Arena; Cronoanálise

Use of simulation for improvement process: a case study in a Metal Mechanics Industry

Abstract

Systems simulation and modeling have been widely used by companies today to plan, organize, develop and implement methods to assist industries in need of rapid and effective change, identifying bottlenecks and optimizing processes. In the present research several possibilities of guaranteeing the improvement of the productivity in a specific sector of a company in the segment of hydraulic cylinders were raised, using Software Arena and the Time analysis methodology, data from the test sector were collected from the arrival of the cylinder until the final process, identifying problems of time, where they were made balances and corrected through the proposed Software, also improving other points as the layout, and consequently reducing times of movement and increasing productivity.

Key-words: Simulation; Arena; Time analysis.

1. Introdução

Atualmente com a globalização e o avanço da tecnologia, o mercado está cada vez mais competitivo. Para se manterem no mercado, as organizações buscam soluções para tomadas de decisão rápidas e eficazes, visando melhorar os processos, aumentar a produtividade e reduzir os custos, assegurando assim sua competitividade no mercado global.

Este cenário força com que os gestores se fiem em técnicas e ferramentas capazes de auxiliar no processo de tomada de decisão para garantir a sobrevivência de suas empresas no mercado. Contudo, são necessários estudos sobre o impacto de decisões em processos produtivos, pois

nem sempre é aconselhável, fácil ou até mesmo factível promover alterações em linhas de produção complexas sem que se tenha certeza de que a alteração proposta é viável e trará benefícios a cadeia produtiva (MIRANDA et al., 2010).

Neste contexto, está inserida a modelagem e simulação de eventos discretos (SED), pois a partir do uso desse método de simulação são gerados cenários que podem ser transformados em mecanismos poderosos para tomadas de decisão estratégicas na estruturação de um sistema real (BATEMAN, et al., 2013).

Kelton et al. (2009) propõe que apesar da simulação não ser a única ferramenta que se utiliza para compreender o comportamento de um sistema produtivo, é um método de escolha frequentemente utilizado. Isso decorre do fato de que um modelo de simulação pode se tornar complexo, para demonstrar o sistema de maneira fiel, porém outros métodos requerem amplas simplificações do sistema para possibilitar sua análise, o que pode questionar a validade do modelo.

Segundo Bellinger (2004), o processo de modelagem e simulação é uma experimentação de ordem computacional ou não, 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.

Desta forma, a presente pesquisa tem por objetivo desenvolver um modelo computacional, capaz de gerar cenários para otimização de um sistema produtivo através da utilização da simulação. A partir disso, o presente trabalho tem como foco analisar a deficiência na produtividade no setor de Teste Final, em uma empresa que atua na fabricação de cilindros hidráulicos localizada no interior do estado de São Paulo.

O setor em questão executa a etapa do processo em que tais cilindros são submetidos a testes de pressão onde são avaliados se há ou não vazamentos antes de ir para a etapa final do processo e expedir para o cliente. Além da produtividade, identifica-se uma oportunidade de melhoria no layout do setor, especificamente na disposição das máquinas de teste.

2. Referencial Teórico

2.1 Modelagem de Processos e Simulação de Eventos Discretos

A modelagem de processos, ao longo dos anos, ganhou uma abordagem holística para se tornar capaz de alinhar os processos das organizações com as necessidades dos clientes, integrando as informações dos sistemas que atendessem as necessidades de ambos. Para tanto, a criação da modelagem é considerada um modo de melhoria contínua aos processos e fonte de inovação, atuando de modo crítico em soluções de Inteligência Operacional (*Operational Intelligence* – OI) que promovem informações, em tempo real, possibilitando ações gerenciais rápidas e eficazes, essenciais ao bom funcionamento dos softwares e aplicativos da atualidade (MCCLELLAN, 2004).

De acordo com Laurindo e Rontondaro (2011), a modelagem de processos pode ser utilizada para que as estruturas de um sistema sejam compreendidas, por meio das relações entre os processos, possibilitando que as organizações respondam rapidamente às mudanças de comportamentos dos mercados, criando uma estrutura central de gerenciamento corporativo.

Segundo Freitas Filho (2008), na modelagem de um processo são criadas condições para imitar as saídas de uma atividade por meio de um encadeamento de eventos. De modo que se torne

possível projetar um modelo computacional e orientar experimentos, para que se compreenda seu comportamento e seja possível avaliar as estratégias operacionais, por meio da simulação.

Pezzotta et al. (2016) apresenta a simulação como uma ferramenta de pesquisa operacional, com enfoque sobre o processo de tomada de decisão. Os modelos de simulação são empregados em sistemas com variáveis estocásticas, para possibilitar a análise de diversos cenários ao processo de decisão. Logo, a simulação não resulta em uma única solução, mas, apresenta uma resposta do sistema a uma determinada mudança em sua configuração.

Dessa forma, a simulação é vista como um conjunto de variáveis organizadas para criar a estrutura do modelo, as quais, são definidas por Freitas Filho (2008) como:

- **Evento:** acontecimentos, programados ou não, que ao ocorrerem alteram o estado do sistema, como por exemplo, início e fim de um atendimento;
- **Entidades e atributos:** entidades são pessoas ou objetos envolvidos no modelo abordado e podem ser dinâmicos ou estáticos, em que cada uma é formada por uma série de características, denominadas de atributos. As entidades de mesmo tipo possuem os mesmos atributos, mesmo que os valores destes sejam diferentes;
- **Recursos e filas de recursos:** recursos são considerados entidades estáticas que disponibilizam serviços às dinâmicas. Quando uma entidade dinâmica não puder acessar um recurso, ela o aguarda em uma fila;
- **Atividade:** período de tempo predeterminado que, uma vez inicial, seu final pode ser programado.

2.2 Simulação de Eventos Discretos

De acordo com Borshchev e Filippov (2004), nas SEDs estão envolvidos os sistemas com alto e médio nível de detalhes, onde usualmente são aplicadas para modelar sistema com baixo grau de concepção.

Segundo Kroese et al. (2011), SEDs modelam o comportamento de uma ampla variedade de sistemas em pesquisas de engenharia e operações. As aplicações podem ser encontradas, por exemplo, em programação de produção, confiabilidade, tráfego e transporte, controle de estoque, fabricação, defesa, finanças, telecomunicações e sistemas de computadores.

Para os mesmos autores, dois elementos são principais em um estudo de SEDs:

- **Estado do sistema:** A coleção de variáveis / atributos necessários para descrever o sistema em um determinado momento, em relação ao objeto de estudo;
- **Evento:** Uma ocorrência que pode alterar o estado do sistema.
 - Cada evento é caracterizado por:
 - **Tempo do evento:** Tempo de processamento do evento.
 - **Tipo de evento:** Um identificador que determina como o evento afeta o estado do sistema no momento do evento e depois disso.

Para Johansson et al. (2011), a tecnologia de utilização de SED tem evoluído rapidamente, devido às centenas de publicações acadêmicas e novos recursos de software são lançados anualmente. De modo que os *softwares* e as linguagens SED têm sido usados para inúmeros propósitos. 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, SIMIO, FlexSim, Promodel, entre outros.

2.3 Arena

O Arena é formado por um conjunto de módulos utilizados para descrever uma aplicação real e que funciona a partir de comandos de uma linguagem de programação. Assim, os elementos básicos da modelagem são entidades e o fluxo que representa os caminhos a serem tomados pela empresa, ao longo das estações. O software se utiliza de *templates* em que a simulação constitui um modelo lógico-matemático, em formato de fluxograma, para representar a dinâmica do sistema em estudo. De modo geral, este modelo incorpora valores para tempo, distância e recursos disponíveis. Com isso, o ponto de simulação se diferencia de métodos matemáticos, uma vez que não são utilizados valores médios aos parâmetros nos modelos, mas distribuições estatísticas, criadas a partir de uma coleção de dados acerca do parâmetro a ser inserido (KELTON et al., 2009; PRADO, 2010).

3. Metodologia da pesquisa

3.1 Contexto

A partir dos métodos de classificação de pesquisa proposto por Gil (2008) é possível classificar a presente pesquisa foi classificada, essencialmente, como aplicada, pois destina-se a desenvolver modelo de simulação de eventos discretos para auxiliar no processo de tomada de decisão em uma empresa de fabricação de cilindros hidráulicos.

Quanto à abordagem do problema, para Silva e Menezes (2005) esta pesquisa apresenta abordagens tanto qualitativas como quantitativa. A abordagem qualitativa é utilizada por meio da análise da revisão da literatura, a qual permitiu reunir as variáveis para a criação de uma definição formal e detalhada acerca do processo de SED. Além disso, a pesquisa é classificada como quantitativa, pois pretende-se construir um modelo de simulação, em que são incluídas variáveis identificadas na abordagem qualitativa e são utilizados dados estatísticos, bem como equações matemáticas para representar seu comportamento.

Além disso, o presente trabalho tem características de pesquisa exploratória em relação à utilização do software ARENA, pois serão construídos cenários para a análise de possibilidades, tornando os problemas mais explícito e criando hipóteses para a busca de soluções a serem utilizadas na concepção da estrutura de tomada de decisão (GIL, 2008).

Para o processo de modelagem e simulação de eventos discretos, será utilizada a proposta de Chwif e Medina (2008), para os quais a simulação pode ser desenvolvida em 3 passos: Concepção, implementação e análise, onde outras diferentes atividades compõem cada uma dessas etapas. Conforme os mesmos autores, 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.

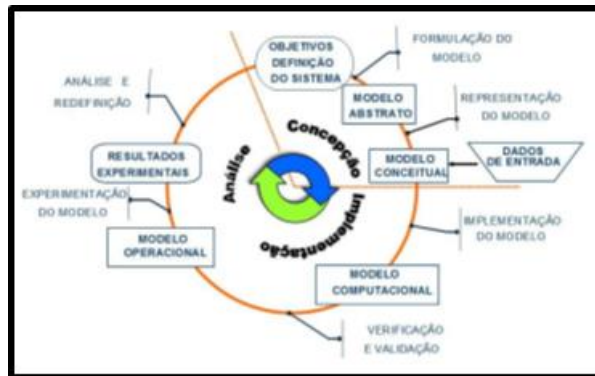


Figura 1 - Passos para simulação. Fonte: Chwif e Medina (2008)

Para Chwif e Medina (2008), cada etapa é representada por meio dos seguintes passos:

1. Definição de objetivos e definição do sistema: Delimita as fronteiras do sistema, bem como suas restrições e modo de funcionamento;
2. Modelo Abstrato: Entendimento e construção do modelo mental do objeto de estudo;
3. Modelo Conceitual: Utilização de modelos gráficos para definir os componentes e descrever as variáveis e interações que constituem o sistema.
4. Modelo Computacional: Nesta fase o modelo conceitual é convertido em um modelo computacional, sendo necessária a utilização de alguma ferramenta de programação. Além disso, são estabelecidos os dados a serem coletados, bem como as medidas de eficiência a serem usadas.
5. Modelo Operacional: Nessa fase ocorre a verificação e validação do modelo, sendo a confirmação de que o modelo opera de modo a gerar saídas acreditáveis e compatíveis com a saída do sistema real;
6. Resultados Experimentais: Corresponde à execução da simulação para gerar os dados esperados, bem como executar as análises dos resultados.

3.2 A empresa pesquisada

Localizada no interior de São Paulo, a empresa estudada se trata de uma indústria metal mecânica, fabricante de cilindros hidráulicos a organização opera em dois turnos e conta com, aproximadamente, 250 funcionários diretos e 15 indiretos. Presente no mercado há 30 anos, destaca-se por estar entre as maiores no seguimento e por fornecer seu produto, totalmente, customizado de acordo com a necessidade do cliente.

A abordagem deste estudo formou-se a partir da necessidade da empresa em melhorar a produtividade em um dos setores na qual estava apresentado deficiência na produtividade desde 2016, conforme pode ser observado na Figura 2, onde estão destacados os dados do setor de Teste Final.



Figura 2 - Deficiência na produtividade desde 2016. Fonte: Empresa Pesquisada.

3.3 O setor analisado

O setor analisado, chamado de Teste Final, realiza o último teste no cilindro antes de ser encaminhado para a preparação de pintura e expedido para o cliente ou para o estoque. Nesta etapa do processo, o cilindro é submetido a testes de ciclagem e pressão que simulam seu funcionamento em campo na máquina ou equipamento do cliente, garantindo que não há vazamentos de óleo interno e externo, entre outras não conformidades que podem ser identificadas nesta etapa do processo.

O layout da fábrica com destaque para o setor de Teste Final está identificado na Figura 3.

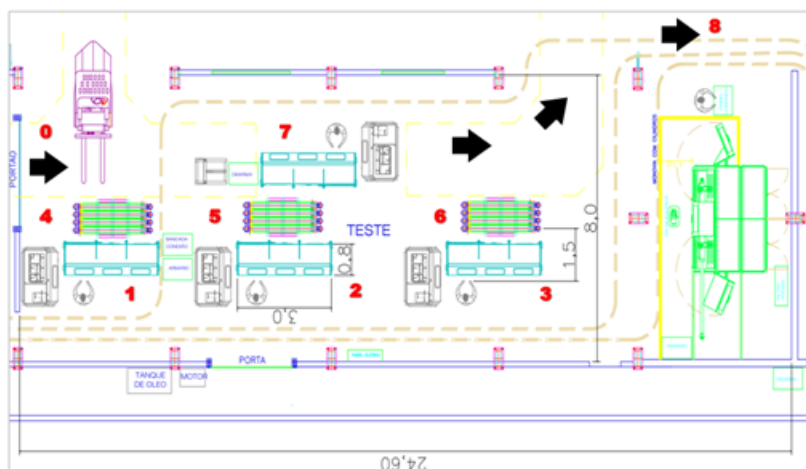


Figura 3 - Layout atual da área.

As áreas numeradas são identificadas da seguinte maneira: 0. Entrada para área de Teste Final; 1. Máquina de teste 01; 2. Máquina de Teste 02; 3. Máquina de Teste 03; 4, 5 e 6. Peças aguardando teste; 7. Máquina de teste 04; 8. Saída para o processo de Pintura.

3.4 Detalhes do teste

Após os cilindros serem montados pelo processo de montagem final conforme a Figura 4, os mesmos são encaminhados para área de Teste Final, via monovia ou empilhadeira, dependendo do tamanho do cilindro, onde através de uma lista de prioridades o líder do setor determina qual cilindro será testado e em qual máquina. Os testes devem respeitar os procedimentos internos

da empresa, determinados pela engenharia de produto e de processo bem como as informações contidas na ordem de serviço e no desenho do cliente, onde neste especifica a pressão de teste (Kgf/cm²) a ser aplicada pelo operador. Para garantir a rastreabilidade do produto, após o teste cada operador deverá tipar a peça de acordo com seus respectivos sinetes conforme procedimento.



Figura 4 - Fluxograma dos processos envolvidos.

O detalhamento técnico do processo de teste é descrito da seguinte maneira:

- **Teste de ciclagem:** Operador utiliza o cilindro da monovia ou Pallet com auxílio da ponte e o leva para a máquina de testes, após conecta-se as mangueiras e ajusta a pressão conforme determinada. Posterior a isso, ocorre o início da ciclagem onde a abertura e fechamento do cilindro em baixa pressão para acomodação das vedações internas. Após a ciclagem inicia-se os testes de vazamento interno e externo.
- **Teste de vazamento externo:** Com o cilindro fechado (haste retraída), aplica-se no pórtilco que fica do lado da haste uma pressão de teste de acordo com a especificação em desenho para verificar se há vazamento externo nas regiões soldadas conforme a Figura 5.

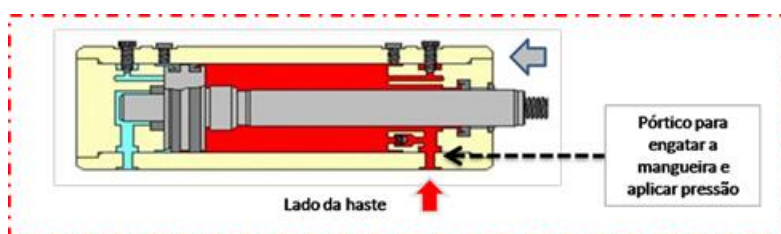


Figura 5 – Cilindro hidráulico com a haste retraída

Com o cilindro aberto (haste avançada) aplica-se no pórtilco que fica do lado do fundo uma pressão de teste de acordo com a especificação em desenho para verificar se há vazamento nas regiões soldadas conforme a Figura 6. Após os testes de vazamento externo, posicionar a haste a meio curso conforme a Figura 7, conectar a mangueira no pórtilco lado da haste (azul) e desconectar a mangueira do outro lado do pórtilco lado do fundo (vermelho).

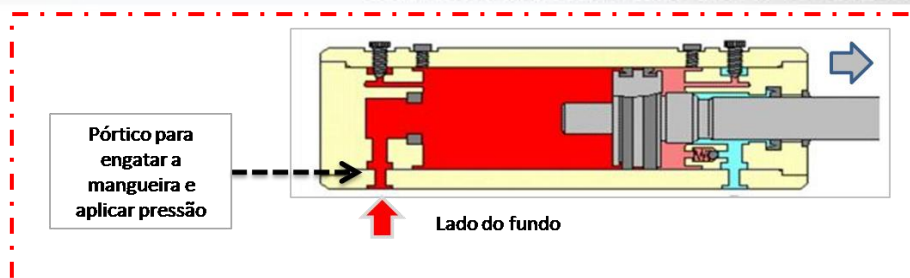


Figura 6 – Cilindro hidráulico com a haste avançada

Durante um minuto aplicar uma baixa pressão e observar através de um relógio comparador instalado sobre a haste medir o deslocamento, este não deve ultrapassar a especificação conforme norma interna ou conforme norma especificada pelo cliente que estará determinada em desenho.

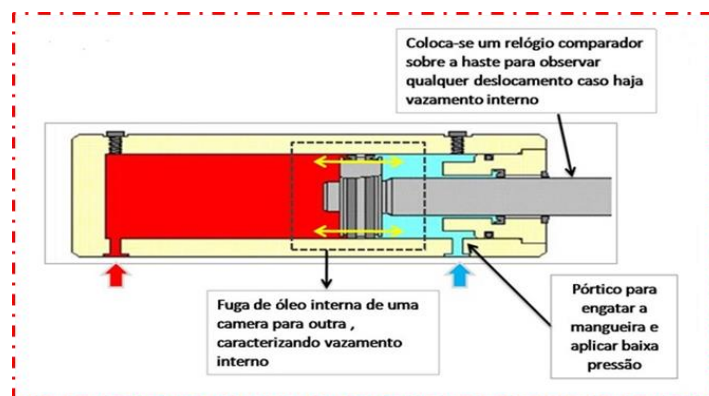


Figura 7 – Cilindro hidráulico com a haste a meio curso

- **Sucção de Óleo:** Após executar todos os testes descritos acima, conecta-se uma mangueira no pórtico para fazer a sucção do óleo do cilindro, deixando sempre o mínimo possível. Os cilindros aprovados no teste seguem para o processo de preparação para pintura e expedição que serão embalados para serem enviados ao cliente.
- **Tratamento de produtos não conforme no teste final:** Caso algum cilindro seja reprovado nos testes acima, o operador deve parar o processo e solicitar o parecer do coordenador de produção ou inspetor da qualidade que deve aplicar as sistemáticas apropriadas, conforme descritas nos procedimentos da qualidade, após a disposição da peça, a mesma deve retornar ao teste para verificar a eficácia do retrabalho e passar pela reinspeção, com isso é possível garantir que o produto está em condições de seguir para a etapa final da produção antes de ser expedido ao cliente.

3.6 Coleta de dados

A coleta dos tempos do conteúdo do trabalho de testes foi feita de forma aberta no primeiro e segundo turno de trabalho, de modo que os operadores tiveram ciência que estavam sendo cronometrados. Após analisar todos os dados coletados e estudar o layout do Setor, foram levantadas hipóteses buscando alcançar o objetivo de aumentar a produtividade e melhorar a organização no setor de teste final dos cilindros.

Durante o mês de maio do ano de 2018, foram realizadas oito visitas técnicas para análise dos tempos das operações deste processo. Para normalização dos dados foi utilizado fator de média com uma correção para salvaguardar informações estratégicas da empresa, conforme mostra a Tabela 1. Estes dados foram inseridos nos devidos processos para a estruturação do modelo de simulação.

Tabela 1 – Média de tempos

Média de tempos (minutos)				
Máquinas	Movimentação entrada	Teste cilindro	Sucção cilindro	Movimentação saída
Máquina teste 1	1.44	10.96	3.9	1.44
Máquina teste 2	1.04	11.66	1.68	1.04
Máquina teste 3	1.02	12.38	3.05	1.02
Máquina teste 4	0.94	8.3	1.68	0.94

Tabela 1 – Média de tempos

3.7 Modelo de simulação

A partir dos dados coletados foi construído o modelo de simulação desenvolvido no software conforme identificado na Figura 8. Com isso, foi possível perceber interações e propor cenários conforme será indicado na área de análises e resultados.

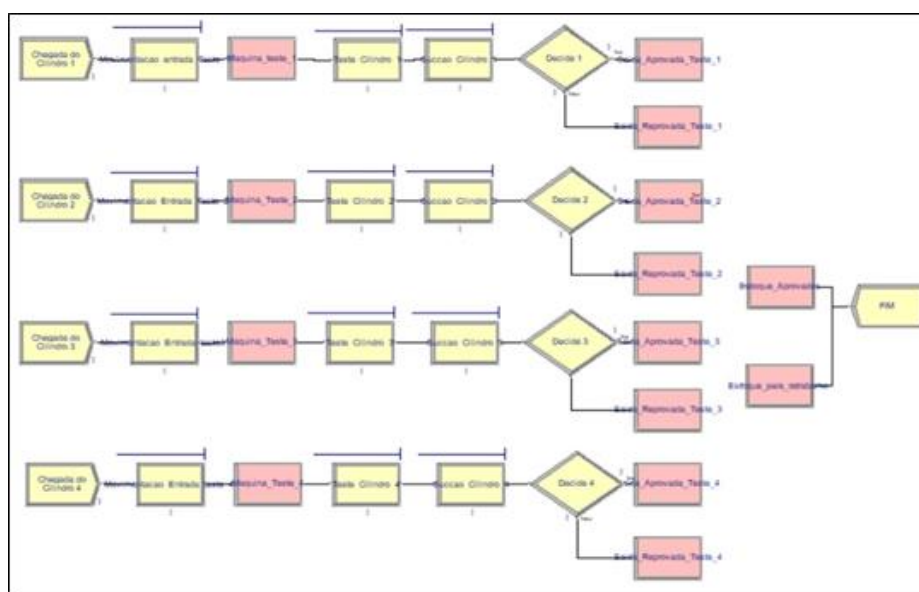


Figura 8 – Modelo de Simulação

Para a confecção do modelo foi necessárias algumas alterações no tempo entre chegadas, e no estoque final, para uma melhor utilização dos recursos do sistema. O relatório do projeto foi obtido rodando-se uma única replicação de 510 minutos, e ativadas as opções de coletas de estatísticas de entidades, recursos e filas.

4. Análises e resultados

4.1 Propostas de melhorias

Após observações e análise do processo, de acordo com os resultados obtidos no estudo, conforme Tabela 2, com a ajuda da cronoanálise (tempos e métodos) e o software Arena, foi

possível propor melhorias, onde a reavaliação do Layout do setor estudado foi desenvolvida para melhorar o fluxo de cilindros pelas monovias, bem como diminuir tempos de movimentação dos operadores e, conseqüentemente, um ganho muito grande em organização.

As principais alterações entre os modelos real e o proposto estão centrados na redução de tempos com as modificações de layout. Com o cenário de novo layout a hipótese testada foi de que haveria um aumento na produção e redução nos tempos de espera, aumentando a eficiência do setor. Os resultados da simulação serão comparados na Tabela 2.

Tabela 2 – Comparação dos resultados

MODELO REAL		MODELO PROPOSTO	
Cilindros	T. médio	Cilindros	T. médio
Tempo Médio de processamento	13.97	Tempo Médio de processamento	11.18
Tempo médio de espera	125.67	Tempo médio de espera	125.67
Tempo médio de transferência	1.09	Tempo médio de transferência	1.09
Tempo médio de teste do cilindro	140.74	Tempo médio de teste do cilindro	97.75
Fila		Fila	
Tempo de espera	T. médio	Tempo de espera	T. médio
Movimentação cilindro 1	54.54	Movimentação cilindro 1	32.60
Movimentação cilindro 2	58.55	Movimentação cilindro 2	36.41
Movimentação cilindro 3	56.87	Movimentação cilindro 3	36.62
Movimentação cilindro 4	58.07	Movimentação cilindro 4	34.59
Teste cilindro 1	53.02	Teste cilindro 1	30.95
Teste cilindro 2	57.15	Teste cilindro 2	33.38
Teste cilindro 3	57.72	Teste cilindro 3	33.79
Teste cilindro 4	54.37	Teste cilindro 4	32.31
Sucção cilindro 1	50.48	Sucção cilindro 1	29.28
Sucção cilindro 2	54.03	Sucção cilindro 2	32.65
Sucção cilindro 3	50.11	Sucção cilindro 3	32.37
Sucção cilindro 4	55.13	Sucção cilindro 4	31.01
Quantidade de cilindros na fila	Unidades	Quantidade de cilindros na fila	Unidades
Movimentação cilindro 1	6	Movimentação cilindro 1	4
Movimentação cilindro 2	8	Movimentação cilindro 2	5
Movimentação cilindro 3	7	Movimentação cilindro 3	4
Movimentação cilindro 4	9	Movimentação cilindro 4	6
Teste cilindro 1	5	Teste cilindro 1	3
Teste cilindro 2	5	Teste cilindro 2	4
Teste cilindro 3	5	Teste cilindro 3	4
Teste cilindro 4	7	Teste cilindro 4	5
Sucção cilindro 1	4	Sucção cilindro 1	3
Sucção cilindro 2	4	Sucção cilindro 2	3
Sucção cilindro 3	4	Sucção cilindro 3	3
Sucção cilindro 4	5	Sucção cilindro 4	4
Sistema	Unidades	Sistema	Unidades
Número de cilindros testados	111	Número de cilindros testados	159

Tabela 2 – Comparação dos resultados

Na comparação dos resultados, percebe-se uma redução de 20% no tempo médio de processamento. O tempo médio de espera se manteve constante, assim como o tempo médio de transferência. O tempo total médio de teste do cilindro teve uma redução de 30.5%. A quantidade de cilindros que entraram no sistema para serem testados foi a mesma. Houve uma redução de 33.3% na quantidade de cilindros que ficaram no processo, conclui-se que com a nova proposta, redução nos tempos de processamento, mais cilindros puderam ser testados.

De forma geral, houve uma melhora significativa nos tempos de espera na fila, os tempos foram reduzidos entre 40% e 50% com isso, a quantidade de cilindros na fila reduziu na mesma proporção. A partir do resultado final do modelo, percebe-se um aumento na produtividade de 43%, o que mostra a eficiência da alteração do layout. Todas as situações foram alteradas, destacando somente alguns dados que não sofreram alteração substancial.

Após a finalização, verificação e validação do modelo desenvolvido foi possível observar que no cenário real eram gerados 111 cilindros testados, fato este que foi confirmado pelos especialistas do setor de teste. De modo que, ao propor novo modelo com a reestruturação do layout foram obtidos 159 cilindros no mesmo tempo de simulação, obtendo um ganho substancial de 69,81%.

Através dos resultados obtidos na simulação, foi proposto o novo layout conforme a Figura 9.

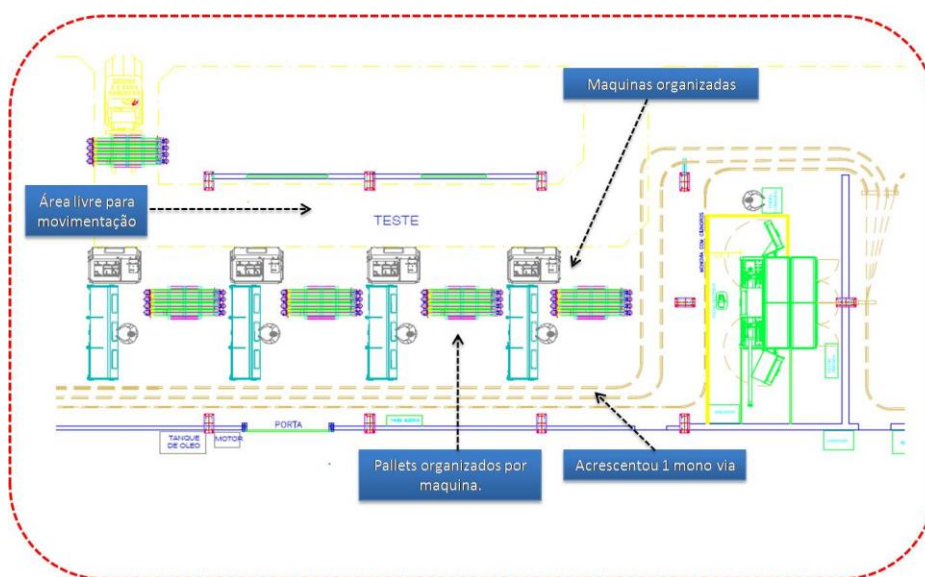


Figura 9 – Layout proposto

5. Considerações finais

A utilização das ferramentas de modelagem e simulação para elaboração desse estudo tornou visível o quão fundamental é realizar a simulação de eventos discretos, para medir, analisar e observar diferentes cenários. Com a realização do estudo foi possível obter resultados satisfatórios, identificando o gargalo do processo, podendo realizar alterações nos parâmetros, criando-se assim diferentes cenários para simulações. De modo que, aumentando a capacidade produtiva da etapa de maturação, reduz-se a ociosidade.

A principal dificuldade deste trabalho foi a alta variabilidade de Cilindros testados, onde nos deparamos com uma infinidade de tempos diferentes, tanto em movimentação, sucção e teste, dificultando a coleta dos dados. A finalidade do Arena foi mostrar a possibilidade de melhorar um processo através de simulação e modelagem sem ter que alterar o layout físico na empresa para testar tais mudanças, conseguindo resultados satisfatórios no modelo proposto.

Dessa forma, sugere-se à empresa, como melhoria, de imediato a reestruturação do layout, e de acordo com seus valores econômicos, a viabilidade de adicionar a Ordem de serviço ao processo para tornar possível o controle de indicadores de desempenho produtivo.

Dessa forma, têm-se por proposta de trabalhos futuros o objetivo de realizar uma nova versão de tal estudo, procurando implementar melhorias significativas, principalmente, na modelagem e programação da produção para obter melhores resultados e análises de diferentes cenários.

Referências

- BATEMAN, R. E.; BOWDEN, R. O.; GOGG, T. J.; HARRELL, C. R.; MOTT, J. R.; MONTEVECHI, J. B.** *Simulação de Sistemas*. Rio de Janeiro: ELSEVIER, 2013.
- BELLINGER, G.** *Introduction to Systems Thinking*. Boston: Stella, 2004. Disponível em: <www.systems-thinking.org/>. Acessado em 21 de junho de 2017.
- BORSHCHEV, A.; FILIPPOV, A.** *From system dynamics and discrete event to practical agent based modeling: Reasons, techniques, tools*. In Proceedings of the 22nd international conference of the system dynamics society, July 25–29, Oxford, England, 2004.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C.** *Modelagem e Simulação de Eventos Discretos*. Rio de Janeiro: ELSEVIER, 2008.
- FREITAS FILHO, P. J.** *Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena*. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.
- GAVIRA, M. O.** *Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento*. São Carlos: USP, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Escola de Engenharia, Universidade de São Carlos, 2003.
- GIL, A. C.** *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- JOHANSSON, B.; ANDERSSON, J.; SKOOGH, A.** *Environmental activity based cost using discrete event simulation*. In: Proceedings of the Winter Simulation Conference. Winter Simulation Conference, p. 891-902, 2011.
- KELTON, W. D.; SADOWSKI, R.; ZUPICK, N.** *Simulation with Arena*. McGraw-Hill, 2009.
- KROESE, D. P.; TAIMRE, T.; BOTEV, Z. I.** *Discrete Event Simulation*. Handbook of Monte Carlo Methods, p. 281-300, 2011.
- LAURINDO, F. J. B.; ROTONDARO, R. G.** (Coord.). *Gestão Integrada de Processos e da Tecnologia da Informação*. 1.ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- MCCLELLAN, J. J.** *The benefit of using simulation to improve the implementation of lean manufacturing case study: quick changeovers to allow level loading of the assembly line*. Dissertação de mestrado, Brigham Young University, 2004.
- MIRANDA, B. M. S.; BRAGA, F. J. D. M.; SILVA, P. M. S.; PINTO, L. R.; DO AMARAL, M.** *Simulação do sistema de check-in de companhias aéreas do aeroporto internacional Tancredo Neves*. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., 2010, Bauru. Anais... Bauru: Unesp, 2010.
- PEZZOTTA, G.; RONDINI, A.; PIROLA, F.; PINTO, R.** *Evaluation of discrete event simulation software to design and assess service delivery processes*. *Service Supply Chain Systems: A Systems Engineering Approach*, Service Supply Chain Systems v. 8, p. 83, 2016.
- PRADO, D. S.** *Usando o Arena em simulação*. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 2010.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M.** *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. Florianópolis, UFSC, 2005.