

ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA FÁBRICA DE MÁQUINAS PESADAS: APLICAÇÃO DE SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS E *LEAN THINKING*

Vilela¹, Flávio Fraga; **Azarias**², Ana Júlia Bueno; **Freitas**², João Gabriel Expedito.

1 - Professor na Universidade do Vale do Sapucaí.

2 - Graduandos em Engenharia de Produção na Universidade do Vale do Sapucaí.

flaviofvilela@univas.edu.br; anajuazarias@gmail.com; joaogabrielexpedito18@gmail.com.

RESUMO

Os desperdícios nos processos produtivos referem-se à utilização ineficiente de recursos, resultando na perda de materiais, tempo, mão de obra e energia. Os principais tipos de desperdício incluem superprodução, espera, transporte excessivo, processamento desnecessário, inventário excessivo, movimentação desnecessária e defeitos. Identificar e reduzir esses desperdícios é fundamental para aumentar a eficiência operacional, reduzir custos e melhorar a sustentabilidade dos processos produtivos. Logo, diante da necessidade de eliminar desperdícios não valorizados pelo cliente, estratégias avançadas, como a simulação a eventos discretos (SED) e Lean Thinking, tornam-se essenciais para mitigar os supracitados desperdícios dos processos produtivos. Dessa forma, o objetivo da presente pesquisa é combinar a SED e Lean Thinking para analisar uma linha de produção, identificando e quantificando a ociosidade dos operadores. Esta pesquisa é classificada como explicativa, pois busca modelar e representar as individualidades do fenômeno analisado, utilizando uma abordagem quantitativa com o método de modelagem e simulação. Vale ressaltar, que o projeto SED, utilizou o software FlexSim®, considerando os tempos de processamento obtidos por meio da cronoanálise do processo de fabricação de máquinas pesadas. Por fim, os relatórios do projeto SED revelam uma média de utilização do recurso mão-de-obra de 18,43%, com 5,10% do tempo em estado de pausa (on-break) e 66,25% do tempo em estado de ociosidade. Portanto, esses resultados indicam uma alta porcentagem de ociosidade dos operadores, levando à conclusão de um desbalanceamento na linha de produção e sugerindo a necessidade de reavaliação da linha de montagem.

Palavras-Chave: Análise de Desperdícios na Produção. *Lean Thinking*. Simulação a Eventos Discretos.

1. INTRODUÇÃO

Buscando eliminar os desperdícios no processo produtivo que o cliente não está disposto a pagar, muitas empresas vêm buscando alternativas e estratégias para se

manterem competitivas frente ao mercado. Uma das alternativas é a utilização de ferramentas avançadas, como exemplo a simulação computacional, para analisar e otimizar processos. Esta ferramenta apresenta alta eficácia, uma vez que, em projetos de modelagem e simulação, apresenta benefícios significativos, como a redução dos custos de desenvolvimento e a capacidade de prever o comportamento dos sistemas em operação. Isso se deve ao fato de que a simulação é realizada virtualmente, ou seja, não requer a construção física de protótipos.

Além disso, a ferramenta de simulação também desempenha um papel fundamental na tomada de decisões, permitindo que possíveis soluções para o sistema sejam identificadas de forma ágil. Ademais, as organizações podem utilizar a simulação como um método de análise, planejamento estratégico, consolidação de informações e flexibilidade na manufatura, entre outras aplicações, segundo os autores (Xavier et al., 2010).

Partindo dessa premissa, este trabalho tem o objetivo de utilizar a SED em associação com o *Lean Thinking* para analisar o processo produtivo de uma fábrica de máquinas pesadas.

Como método de pesquisa, foi utilizado a modelagem e simulação (Turrioni; Mello, 2012) com o uso de dados reais obtidos da linha de montagem analisada.

O sistema lean pode ser utilizado para melhoria de qualquer processo, utilizando ferramentas e práticas, sendo pertencente ou não com a corporação (Koenigsaecker, 2011). A tarefa de analisar o processo produtivo e identificar as atividades que não agregam valor de uma empresa deve ser encarada como uma maneira de conciliar tecnologia e sistema de acordo com as necessidades dos clientes, questões humanas e a variabilidade do ambiente fabril (Pereira et al., 2020). Logo, espera-se com a aplicação do método supracitado, construir os gráficos de “estado do recurso” do processo produtivo de uma fábrica de máquinas e equipamentos pesados.

2. SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS

Os projetos de simulação a eventos discretos (SED) de acordo com Virgillito (2018) são baseadas na teoria da probabilidade para assim variar a intensidade ou a frequência destas repetições, submetendo o modelo à aleatoriedade do resultado que pode alterar o resultado final, ou seja, a simulação compõe-se em configurar as variáveis apresentadas ao modelo como dados de entrada e avaliar as diversas respostas apresentadas ao problema estudado.

Ao mesmo tempo que, Costa (2021) enfatiza que o modelo de simulação computacional observa o comportamento do sistema por meio das relações simbólicas e lógico matemáticas entre as denominadas entidades, que são os objetos envolvidos no sistema. Sendo assim, apresenta que a simulação explora a criação de modelos representativos da realidade de um sistema ou processo costumado, e quando reconhecido pode se fazer questionamentos como “e se” sobre o funcionamento do modelo na realidade.

O uso da simulação computacional pode ocorrer em diversos segmentos de sistemas de produção ou prestadores de serviços, seja ele de baixo, médio ou alto volume. O uso da simulação computacional vem obtendo espaço no âmbito industrial, as empresas visualizam vantagens como a redução de tempo de simulação, redução de custos quando comparada a outros métodos de realização de testes, possibilidade de avaliar diversos cenários; possibilitando identificar a melhor alternativa nas tomadas de decisões, trazendo assim, melhorias para o processo (Gregório; Lozada, 2019).

Chwif e Medina (2015), ressaltam que realizando a simulação computacional deve-se buscar constituir um modelo apto a representar os múltiplos fenômenos ocasionais que existem no sistema, adquiridos através de todo levantamento de dados, para assim atingir o propósito do modelo computacional que é ser o mais característico do sistema real.

Para utilização de SED, deve-se considerar as variações de estado que se alteram no tempo. O SED é especificamente empregado para representar sistemas que se alteram em momentos discretos no tempo, conforme os eventos ocorrem. Portanto, em um ambiente orientado por eventos, o relógio de simulação constantemente indica o momento em que um evento está ocorrendo (Chwif; Medina, 2015).

2.1. Etapas da simulação a eventos discretos

Para muitos um estudo de simulação se baseia em construir um programa de computador, porém para atingir com êxito o que é proposto dentro de um estudo de simulação, existem três etapas principais: concepção do modelo, implementação do modelo e análise dos resultados do modelo (Chwif; Medina, 2015).

Sobre a concepção do modelo, de acordo com Chwif e Medina (2015) para a criação de um modelo de SED, é necessário a criação de um modelo abstrato, no qual, é aquele modelo que o engenheiro e/ou analista têm em mente, e o mesmo deve descrevê-lo detalhadamente.

Montevecchi et al. (2022) enfatiza que na concepção de um projeto de simulação se faz necessário apresentar os principais elementos envolvidos no sistema, validação e documentação do modelo conceitual, e os dados de entrada que poderão ser utilizados, ressalta-se que é a etapa principal para criação de um projeto de simulação.

Dentro da concepção do modelo computacional temos a modelagem os dados, sendo um dos passos mais importantes em um estudo de simulação, onde será definido a forma mais adequada de representação dos modelos de entrada (Chwif; Medina, 2015).

Na sequência, para a etapa de implementação e criação do modelo computacional, se faz necessário que já esteja criado e validado o modelo conceitual e definido os dados de entrada (Montevecchi et al., 2022). O modelo computacional é a transformação do modelo conceitual através de uma linguagem de programação ou softwares de simulação computacional. No caso da simulação computacional, a escolha de um software e hardware é importante pois irá atuar no tempo total em um estudo de simulação. Alguns pontos relevantes para avaliar na escolha do software são: fácil de usar, software de companhia com reputação, fornece o tipo de animação segundo suas necessidade e valor de investimento (Chwif; Medina, 2015).

Após a criação do modelo computacional, é realizado a verificação e validação do mesmo, o que permitirá a realização de testes que auxiliaram na tomada de decisões do problema estudado (Montevecchi et al., 2022). O propósito para tornar válido o modelo computacional é avaliar se ele se comporta como no mundo real, ou seja, avaliar questões como o seu nível de detalhe, se ele representa realmente o sistema a ser simulado, se ele procede ao real então é um modelo válido caso contrário não é válido. A verificação está relacionada ao modelo computacional, sendo avaliado se está desenvolvendo corretamente o modelo, sem a ocorrência de *bugs* (Chwif; Medina, 2015). Por fim, na fase de análise, os testes estatísticos devem ser feitos para verificar o desempenho do sistema, sendo, a construção dos experimentos e aplicação de técnicas, uma opção para avaliar o processo de simulação e auxiliar de forma segura nas tomadas de decisão para o processo real (Chwif; Medina, 2015).

3. LEAN THINKING

Para Womack e Jones (1998), enxuto refere-se ao aspecto de fazer mais com menos, procurando entregar mais e levando em consideração o que o cliente realmente deseja, utilizando menos esforço humano, tempo, espaço e equipamentos.

O *Lean Thinking* (Pensamento Enxuto) é uma forma de desenvolver valor, realizando de forma eficiente atividades solicitadas sem que ocorra interrupções, utilizando uma melhor sequência para ações que implementam valor (Womack; Jones, 1998).

Ballé et al. (2019) acrescenta que o pensamento enxuto se inicia pela atividade de resolver problemas rapidamente para assim entender as questões que mais impactam o processo. O pensamento *lean* se apresenta em uma abordagem muito diferente do convencional, o pensamento convencional se manifesta em buscar saídas rápidas e confiar na capacidade cognitiva acima da aprendizagem e da adaptabilidade, devido a isso é um dos fundamentais motivos por definir o *lean* como uma simplificada forma de obter soluções positivas.

Costa e Jardim (2010) em sua proposta apresentam que o pensamento enxuto é uma maneira de refletir a melhoria e reorganização de um processo produtivo. Visando a identificação das atividades não agregadoras de valor.

Womack e Jones (1998) são os pioneiros a apresentar os cinco princípios fundamentais para o raciocínio do pensamento enxuto:

- Especifique Valor - Valor é o ponto de partida do pensamento enxuto, e só pode ser definido pelo cliente final.
- Identifique a cadeia de valor - É o conjunto de todas as ações para levar ao produto final. Etapa necessária para identificar as atividades que agregam valor ao produto.
- Fluxo - Criação do fluxo contínuo, atender as necessidades dos clientes com rapidez e eficiência.
- Produção puxada - Produzir apenas o que é solicitado pelo cliente.
- Perfeição - Busca pela melhoria contínua no processo.

3.1 Os tipos de desperdícios

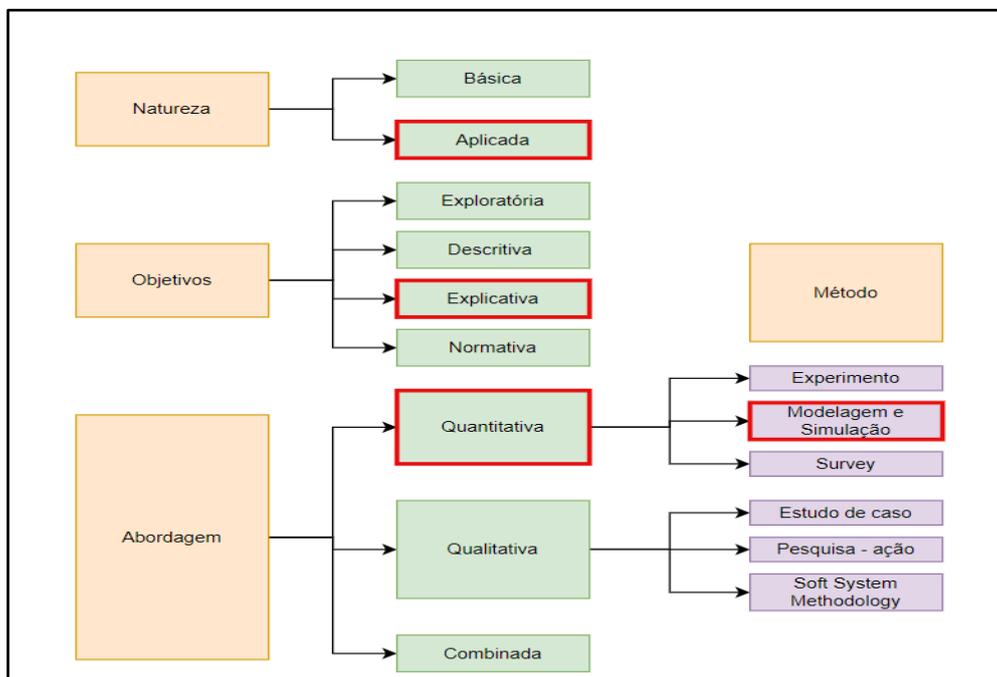
Para realização final de um trabalho ele passa por uma sequência de processos, desde a entrada de matéria-prima e insumos até o produto final, a cada etapa dentro de todo o processo é adquirido valor ao produto ou serviço e passado a etapa seguinte. Para realização dessas etapas continuamente será necessário um recurso no processo, sendo mão de obra humana ou equipamento, e esses realizam atividades que agregam ou não valor, quando não se agrega valor denomina-se muda (Imai, 2014).

O termo muda de origem japonesa, tem o significado de “desperdício”, que dentro do pensamento enxuto representa qualquer atividade humana que se utiliza de recursos, mas não cria valor, ou seja, atividades em que os clientes não estão dispostos a pagar ou não atendem suas necessidades (Womack et al., 1998). O principal responsável pela criação do sistema Toyota, Ohno, classificou sete categorias principais de muda, sendo: superprodução, estoque, produtos defeituosos, movimento, processamento, espera e transporte. Porém, considerando que todo processamento que não acrescenta valor é um desperdício, na lista colocada por Ohno há a possibilidade de ser expandida quase indefinidamente (Imai, 2014).

4. MÉTODO DE PESQUISA

A categorização da pesquisa científica, nesse estudo constitui uma pesquisa de natureza aplicada onde seu principal objetivo é quantificar a ociosidade dos operadores no processo, utilizando os resultados obtidos através da modelagem e simulação para essa finalidade (Figura 1).

Figura 1 - Classificação de Pesquisa Científica em Engenharia de Produção



Fonte: Adaptado Turrioni e Mello (2012)

No que diz respeito aos objetivos, esta pesquisa é classificada como explicativa, pois busca modelar e representar as individualidades do fenômeno analisado, utilizando uma abordagem quantitativa com o método de modelagem e simulação. Turrioni e

Mello (2012) concluem que, a finalidade da simulação é analisar o comportamento de um sistema sem a necessidade de modificá-lo fisicamente, sendo uns de seus propósitos obter informações sem incomodar o sistema atual e criar estratégias operacionais e alocar recursos para melhorar o desempenho do sistema.

5. APLICAÇÃO DO MÉTODO

5.1. Objeto de estudo

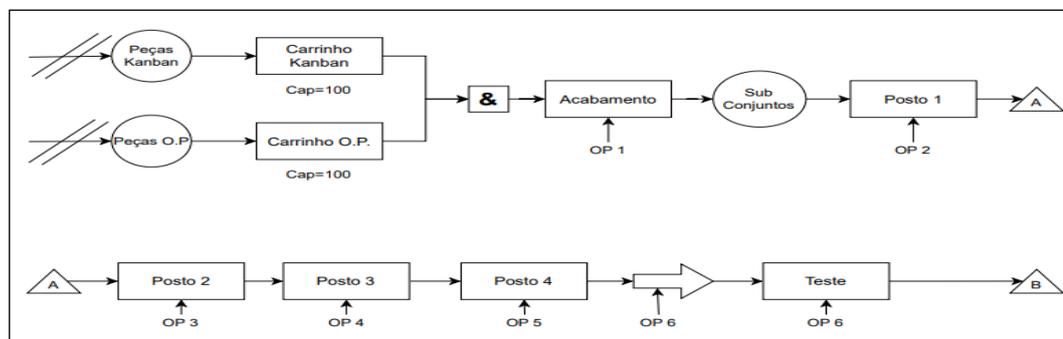
O objeto de estudo do artigo representa uma linha de montagem pertencente a uma empresa do setor de máquinas e equipamentos pesados, situada na cidade de Pouso Alegre - MG. Esta organização desempenha um papel crucial como fornecedora para a indústria automobilística. A linha de montagem do objeto de análise foi estrategicamente projetada visando atender uma demanda anual expressiva de peças, por meio do conceito JIT (*just-in-time*).

5.2 Concepção

5.2.1 Construção do modelo conceitual

A modelagem conceitual foi implementada por meio da técnica IDEF-SIM, de acordo com as Figuras 2 e 3. Os autores Montevechi et al. (2007), apresentam a supracitada técnica com o intuito de simplificar o sistema, facilitando assim a elaboração do modelo computacional de simulação. Sendo assim, a Figura 2 representa a primeira parte do IDEF-SIM, onde a linha de montagem estudada é composta por sete operadores em distintas atividades.

Figura 2 – IDEF-SIM da linha de produção de máquinas e equipamentos pesados.

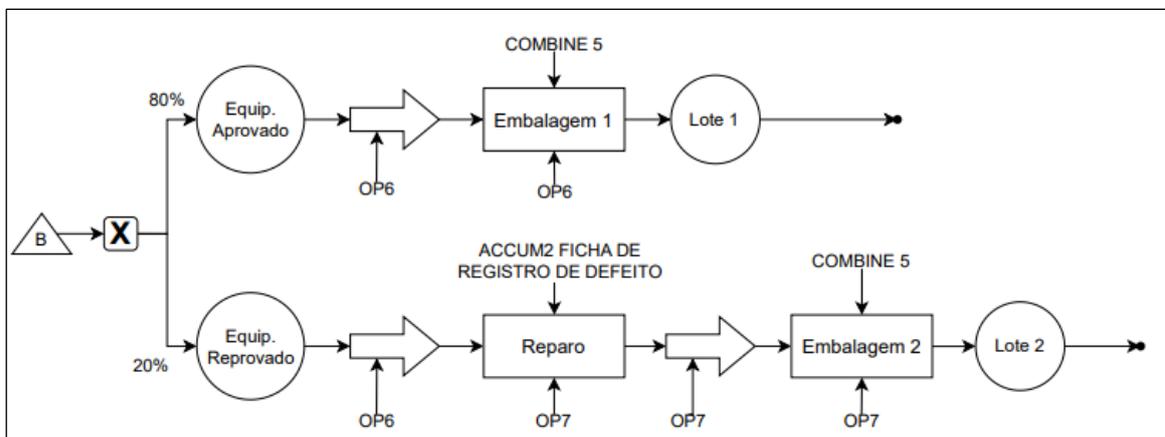


Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme ilustrado na Figura 2, o modelo descrito apresenta a chegada dos componentes ao processo por meio dos carrinhos de kanban e um carrinho proveniente

de outra operação, após ocorre a junção dos componentes e o operador 1 realiza a operação de acabamento, combinando os componentes para criar um subconjunto. Após a conclusão dessa operação, o subconjunto é encaminhado ao posto 1, onde o operador 2 executa sua atividade designada e encaminha o componente para o posto 2. Em seguida, o operador 3 realiza a montagem dos componentes, dando continuidade ao fluxo de produção e direcionando o subconjunto ao posto 3, onde será processado pelo operador 4, e posteriormente, ao posto 4 para o operador 5. O subconjunto é então transferido ao operador 6, que o leva até a bancada de teste para avaliação e realização do teste necessário. A Figura 3 representa a segunda parte do IDEF-SIM.

Figura 3 – IDEF-SIM da linha de produção de máquinas e equipamentos pesados.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Durante a operação de teste do produto, é observada uma taxa de conformidade de 80% e não conformidade de 20% conforme os padrões apresentados pela qualidade. Após a fase de teste, os produtos são segregados de acordo com sua conformidade. Os produtos aprovados são conduzidos pelo operador 6 até o posto de embalagem 1, onde são agrupados em lotes de acordo com o padrão de embalagem predefinido e, em seguida, direcionados para o final do processo. Por outro lado, os produtos não conformes são enviados ao posto de reparo, onde são retrabalhados pelo operador 7. Após o reparo, se estiverem em conformidade, são encaminhados ao posto de embalagem 2, onde são agrupados em lotes de acordo com o padrão de embalagem definido e, posteriormente, direcionados para o final do processo.

5.2.2 Coleta e modelagem dos dados de entrada

A análise detalhada dos tempos de processamento é uma etapa crucial para a definição dos *inputs* de um modelo computacional. No contexto em questão, é fundamental considerar os tempos de processamento das diferentes etapas do processo estudado. Estes dados foram obtidos por meio de uma análise cronometrada detalhada, conhecida como cronoanálise.

Para garantir a precisão dos dados coletados, foram realizadas observações em dez momentos distintos em cada estação de trabalho da referida empresa. Cada uma dessas observações proporcionou uma visão detalhada dos tempos envolvidos em cada etapa do processo. A seguir é apresentada a Tabela 1 com todos os tempos obtidos nas cronoanálises realizadas nos referidos postos de trabalho.

Tabela 1 – Amostragem dos tempos de cada etapa (em minutos).

Etapa	nº1	nº 2	nº 3	nº 4	nº 5	nº 6	nº 7	nº 8	nº 9	nº 10
Acabamento	194,6	172,36	166,8	172,36	191,82	180,7	175,14	197,38	186,26	180,7
Posto 1	172,36	152,9	194,6	180,7	158,46	172,36	166,8	175,14	186,26	166,8
Posto 2	172,36	197,38	172,36	194,6	172,36	200,16	180,7	211,28	216,84	177,92
Posto 3	158,46	172,36	164,02	152,9	164,02	166,8	155,68	180,7	164,02	172,36
Posto 4	180,7	191,82	205,72	180,7	200,16	194,6	183,48	189,04	200,16	200,16
Teste	125,1	108,42	116,76	136,22	152,9	119,54	130,66	147,34	122,32	139
Reparo	75,06	88,96	83,4	97,3	91,74	88,96	80,62	83,4	88,96	102,86
Embalagem 1	47,26	61,16	69,5	50,04	55,6	55,6	63,94	69,5	52,82	55,6
Embalagem 2	47,26	61,16	69,5	50,04	55,6	55,6	63,94	69,5	52,82	55,6

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a coleta dos dados referentes aos tempos de cada posto de trabalho por meio da cronoanálise, procedeu-se à aplicação de um teste de normalidade utilizando o software Minitab® versão 21. O objetivo desse teste foi determinar se os dados seguem ou não uma distribuição normal.

O teste foi validado considerando o valor do *P-value*. Quando o valor do *P-value* é maior que o nível de significância (cinco por cento), considera-se que não é possível concluir que os dados não seguem uma distribuição normal, ou seja, não se rejeita a hipótese nula (H_0). Isso implica que os dados podem ser considerados como tendo uma distribuição normal para fins de análise estatística.

Apresenta-se na Tabela 2 as informações de cada posto de trabalho e seu teste de normalidade.

Tabela 2 – Aplicação do teste de normalidade em cada etapa

Etapa	Média	Desvio	P - Value	Rejeita Ho?
Acabamento	181,8	10,42	0,629	Não
Posto 1	172,6	12,46	0,932	Não
Posto 2	189,6	16,72	0,205	Não
Posto 3	165,1	8,412	0,702	Não
Posto 4	192,7	8,989	0,366	Não
Teste	129,8	14,06	0,939	Não
Reparo	88,13	8,084	0,731	Não
Embalagem 1	58,1	7,692	0,431	Não
Embalagem 2	58,1	7,692	0,431	Não

Fonte: Elaborado pelos autores.

O processo analisado abrange as atividades laborais durante um turno que vai das 07h30min às 17h18min, com uma interrupção para o almoço de uma hora, além de intervalos programados das 09h00min às 09h15min e das 15h00min às 15h15min para descanso. Esse regime de trabalho é adotado de segunda-feira a sexta-feira.

5.3 Implementação

5.3.1 Construção do modelo computacional

Para o desenvolvimento do modelo computacional representado na Figura 4, foi empregado o software FlexSim® como plataforma principal. Utilizando o método IDEF-SIM como base para o modelo conceitual, conforme ilustrado nas figuras 2 e 3. Para garantir a precisão dos dados de entrada, foi aplicado os tempos associados aos postos de trabalho conforme formatação do software FlexSim. Utilizando uma distribuição de probabilidade específica, detalhada na tabela 3.

Tabela 3 – Distribuição Normal formatação Flexsim

Etapa	Distribuição Normal
Acabamento	normal(181.8, 10.42, getstream(current))
Posto 1	normal(172.6, 12.46, getstream(current))
Posto 2	normal(189.6, 16.72, getstream(current))
Posto 3	normal(165.1, 8.412, getstream(current))
Posto 4	normal(192.7, 8.989, getstream(current))
Teste	normal(129.8, 14.06, getstream(current))
Reparo	normal(88.13, 8.084, getstream(current))
Embalagem 1	normal(58.1, 7.692, getstream(current))
Embalagem 2	normal(58.1, 7.692, getstream(current))

Fonte: Elaborado pelos autores.

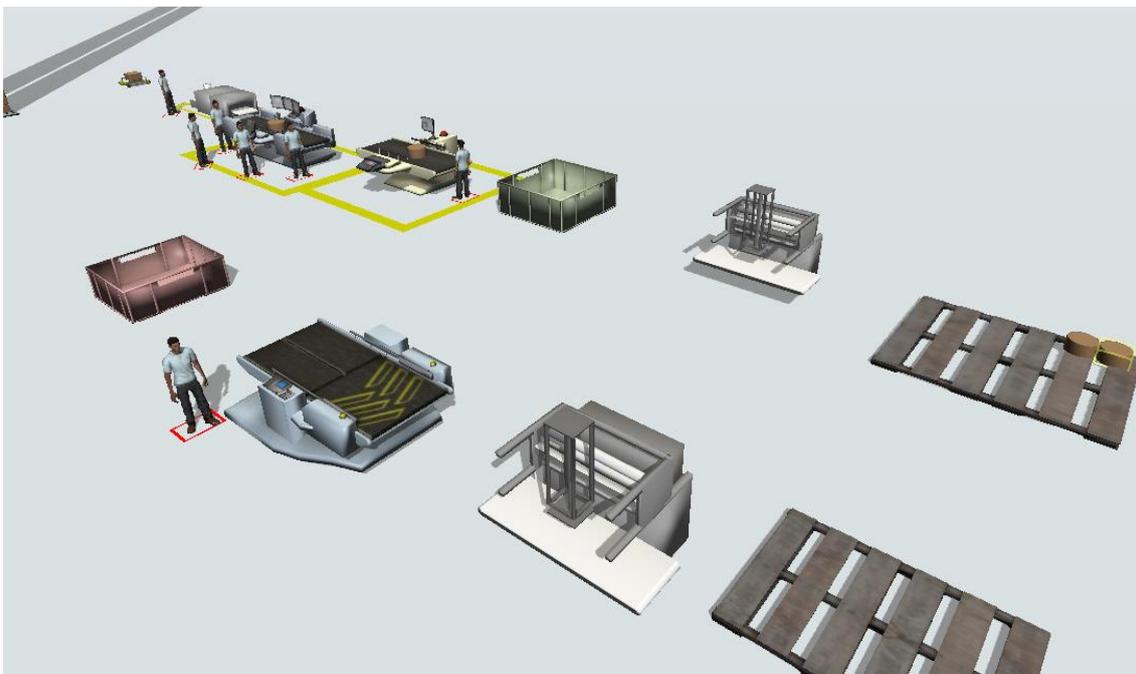
No processo de modelagem do sistema, ajustou-se os recursos de imagens gráficas utilizando as funcionalidades disponíveis na biblioteca gráfica do software, explorando ao máximo suas capacidades para representar o sistema real.

Um recurso essencial incorporado ao modelo foi a técnica *By Percentagem*, a qual empregou-se para modelar a quantidade de peças sujeitas a retrabalho. Isso foi feito após uma análise da taxa de conformidade, que foi estabelecida em 80%, e da não conformidade, que foi definida em 20%, com base nos padrões de qualidade observados.

Outro recurso empregado foi o *Time Table*, o qual foi utilizado para representar e modelar as interrupções no processo analisado. Esse método foi aplicado de maneira cuidadosa e estratégica, permitindo a representação precisa e sistemática das paradas no contexto do estudo em questão.

O modelo foi simulado ao longo de um período total de 27948 minutos (equivalente a 465,8 horas). Para a simulação, foi considerado um período de 1235,99 minutos de *Warm-up* para garantir que o modelo não iniciasse sem registros de produção. Esse intervalo inicial é fundamental para tornar a simulação ainda mais realista e precisa, pois, permite que o sistema se ajuste gradualmente às condições de produção antes de iniciar as análises propriamente ditas.

Figura 4 – Modelo computacional

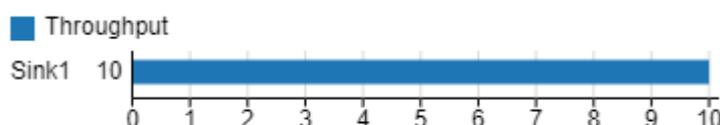


Fonte: Elaborado pelos autores.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a análise dos resultados, a primeira parte examinada foi a saída de produtos acabados, conforme detalhado na Figura 4, que se conclui em dez lotes de cinco equipamentos da saída de aprovados e dois equipamentos retrabalhados aguardando formação de lote ao final da simulação.

Figura 4 – Gráfico de saída de produto acabado resultante do *dashboard* do FlexSim®



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 5 ilustra um gráfico que representa o estado do recurso humano, ou seja, de cada operador, destacando seus períodos de inatividade durante a operação. O gráfico revela uma média de utilização de 18,43%, com 5,10% do tempo em estado de pausa (*on-break*) e 66,25% do tempo em estado de ociosidade.

Figura 5 – Gráfico *State Pie* dos operadores, resultante do *dashboard* do FlexSim®



Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao realizar uma análise aprofundada, considerando a perspectiva do pensamento enxuto (*lean thinking*) e quantificando a ociosidade dos operadores dentro do processo, observa-se aos dados representados na Tabela 4.

Tabela 4 – Percentual de ociosidade dos operadores.

Operador	% Ociosidade
OP1	63,57
OP2	64,87
OP3	61,69
OP4	65,37
OP5	62,15
OP6	64,1
OP7	82,04

Fonte: Elaborado pelos autores.

Diante disso, é prudente observar que o nível de ociosidade dos operadores dentro do processo analisado é significativamente alto. Logo, torna-se imperativo realizar uma nova avaliação das atividades em questão, a fim de otimizar a eficiência e a produtividade do processo.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a aplicação a simulação a eventos discretos (SED) foi possível identificar e quantificar a ociosidade dos operadores. A ociosidade foi definida como o tempo de atividade que não agrega valor ao processo, e os resultados da análise indicaram uma média percentual de 66,25% de ociosidade por operador.

Essa constatação foi obtida por meio da simulação no modelo computacional. Diante do objetivo da pesquisa, a combinação das metodologias de *Lean Thinking* e simulação de eventos discretos, foram essenciais para um estudo bem-sucedido.

Em conclusão, a análise dos dados revelou um desbalanceamento na linha de produção devido ao desperdício identificado. Recomenda-se uma reavaliação desse ponto específico para reduzir a ociosidade dos operadores e, conseqüentemente, aprimorar a eficiência da linha estudada.

REFERÊNCIAS

BALLÉ, Michael. et al. **A estratégia lean:** para criar vantagem competitiva, inovar e produzir com crescimento sustentável. Porto Alegre: Bookman, 2019. [trad. Francisco Araújo da Costa] [Livro eletrônico]. Disponível em:

<<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582605226/>>. Acesso em: 03 jun. 2023.

COSTA, Gislaine Donizeti Fagnani da. **Pesquisa operacional aplicada e simulação**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2021. E-book. ISBN 9786559031214. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559031214/>>. Acesso em: 04 jun. 2023.

COSTA, Ricardo Sarmiento.; JARDIM, Eduardo. G. M. **Os cinco passos do pensamento enxuto (LEAN THINKING)**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.trilhaprojeto.com.br>>

CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso C. **Modelagem e simulação a eventos discretos: Teoria e aplicações**. 4. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

GREGÓRIO, Gabriela Fonseca Pereira; LOZADA, Gisele. **Simulação de sistemas produtivos**. Porto Alegre: SAGAH, 2019. [revisão técnica: Henrique Martins Rocha] E-book. ISBN 9788595029194. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595029194/>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

IMAI, Masaaki. **Gemba Kaizen: uma abordagem de bom senso à estratégia de melhoria contínua**. 2.Ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. [tradução: Rodrigo Dubal]. E-book. ISBN 9788582602386. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582602386/>>. Acesso em: 04 jun. 2023.

KOENIGSAECKER, George. **Liderando a transformação lean nas empresas**. Porto Alegre: Bookman, 2011. [tradução: Raul Rubenich] E-book. ISBN 9788577808168. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788577808168/>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

MARTINS, Roberto A.; MELLO, Carlos Henrique P.; TURRIONI, Joao B. **Guia para elaboração de monografia e TCC em engenharia de produção**. São Paulo: Grupo GEN, 2013. E-book. ISBN 9788522486397. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522486397/>>. Acesso em: 01 nov. 2023.

MESQUITA, Renzo.; MONTEVECHI, José Arnaldo.; LEAL, Fabiano. Simulação computacional aplicada em um problema de logística interna do varejo *IN: XLII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP) - Contribuição da Engenharia de Produção para a Transformação Digital da Indústria Brasileira, XLII, 2022, Foz do Iguaçu. Anais, 2022. p.1-15. Disponível em: <TN_ST_384_1900_43175.pdf (abepro.org.br)>. Acesso em: 10 jun. 2023.*

PEREIRA, Juliana Cristina et al. Projeção de uma linha de montagem de retrovisores aplicando simulação a eventos discretos. *IN: XL ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP) - Contribuições da Engenharia de Produção para a Gestão de Operações Energéticas Sustentáveis, XL, 2020, Foz do*

Iguaçu. **Anais**, 2020. p.1-14. Disponível em: <TN_STO_344_1765_40210.pdf (abepro.org.br)>. Acesso em: 11 jun. 2023.

TURRIONI, João Batista; MELLO, Carlos Henrique Pereira. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas**. 2012. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012.

VIRGILLITO, Salvatore B. **Pesquisa operacional**. 1. Ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2018. E-book. ISBN 9788547221188. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788547221188/>>. Acesso em: 04 jun. 2023.

WOMACK, James; JONES, Daniel. **A mentalidade enxuta nas empresas**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

XAVIER, Amanda. Fernandes et al. A simulação a eventos discretos como ferramenta de tomada de decisão na implementação de uma linha de montagem em uma indústria do setor automobilístico. **Revista Ingepro.**: Inovação, Gestão e Produção, v. 2, p. 001-015, 2010.