

Educação, Inovação e Sustentabilidade na Pesquisa Aplicada

## **Aplicação da Metodologia DFMA para Elaboração de um Projeto de Melhoria em Processo de *Picking***

**Vanderlei Tallach**  
0000-0002-1711-2004

**Alexandre Formigoni**  
0000-0001-7487-0541

**João Roberto Maiellaro**  
0000-0002-0814-1508

**Rosinei Batista Ribeiro**  
0000-0002-2150-4561

**Resumo** – A busca incessante pelo aumento da competitividade no mercado nacional e internacional, faz com que as empresas de um modo geral, identifiquem novas formas de agilizar seus processos e reduzir os custos industriais objetivando melhoria constante da produtividade. Com o surgimento da manufatura enxuta, muitas ferramentas foram desenvolvidas e colocadas à disposição dos pesquisadores e profissionais. Compreender claramente o processo aliado ao domínio das ferramentas, proporciona melhores condições para elaborar um projeto de melhoria produtiva integrado ao projeto do produto. O objetivo geral desta pesquisa é analisar e projetar um processo de *picking* para melhoria da produtividade e competitividade em um operador logístico por meio da técnica do *Design For Manufacturing And Assembly* – DFMA. Em relação a abordagem, este estudo trata-se de uma pesquisa qualitativa, quanto aos objetivos é classificado como uma pesquisa exploratória. Dentro da pesquisa exploratória foi utilizado o método da pesquisa-ação, com a coleta de informações e análise do relatório diário de produção, extraído automaticamente do sistema *Enterprise Resource Planning* (ERP) da empresa. Após análise de todo o processo produtivo, incluindo as movimentações dos colaboradores e materiais por meio da ferramenta *Design For Manufacturing and Assembly* (DFMA). A análise e interpretação dos dados obtidos possibilitou a elaboração de um projeto de *picking* por luz em substituição ao *picking* por carrossel existente na operação, assegurando o cumprimento das demandas diárias e aumentado a quantidade total coletada de 1.694 sku's para 8.470 sku's, solidificando a capacidade produtiva da empresa perante o cliente.

**Palavras-chave:** DFMA. *Picking*. Melhoria contínua. Projeto de processo.

**Abstract** – The relentless search for increased competitiveness in the national and international market makes companies, in general, identify new ways to streamline their processes and reduce industrial costs, aiming at constant productivity improvement. With the emergence of lean manufacturing, many tools were developed and made available to researchers and professionals. Clearly understanding the process combined with mastering the tools provides better conditions for developing a production improvement project integrated with the product design. The general objective of this research is to analyze and design a picking process to improve productivity and competitiveness in a logistics operator through the *Design For Manufacturing And Assembly* – DFMA technique. Regarding the approach, this study is a qualitative research, regarding the objectives it is classified as an exploratory research. Within the exploratory research, the action-research method was used, with the collection of information and analysis of the daily production report, automatically extracted from the *Enterprise Resource Planning* (ERP) system of the company. After analyzing the entire production process, including the movements of employees and materials through the DFMA tool. The analysis and interpretation of the data obtained enabled the elaboration of a light picking Project to replace the existing carousel picking in the operation, ensuring compliance with daily demands and increasing the total amount collected from 1,694 sku's to 8,470 sku's, solidifying the productive capacity of the company before the customer.

**Keywords:** DFMA. *Picking*. Continuous improvement. Project process.

## 1 Introdução

O *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA) é uma abordagem sistemática que visa otimizar o processo de fabricação e montagem de produtos industriais. O DFMA baseia-se na premissa de que todas as decisões têm um impacto significativo nos custos e na facilidade de fabricação e montagem de um produto. Portanto, ao considerar aspectos de fabricação e montagem desde as fases iniciais do projeto, é possível identificar oportunidades para simplificar processos, reduzir a complexidade, minimizar a necessidade de peças adicionais e simplificar as operações de montagem. Essas melhorias podem resultar em redução de custos, tempo de produção mais curto e maior qualidade do produto.

Além disso, o DFMA promove a integração e colaboração entre equipes de projeto, fabricação e montagem. A comunicação eficaz entre essas equipes é essencial para garantir que as decisões de design sejam implementadas corretamente e para aproveitar ao máximo as oportunidades de otimização dos processos de produção.

Segundo estudo de Koufteros *et al.* (2014), a correlação entre as plataformas de produto, engenharia simultânea e métodos de fabricação observaram que o desempenho da empresa é afetado pelas estratégias de desenvolvimento de produto e pelas práticas de manufatura.

Resumindo, o DFMA é uma abordagem que visa integrar considerações de fabricação e montagem desde as fases iniciais do projeto de produto. Ao adotar essa abordagem, as empresas podem obter benefícios significativos, incluindo redução de custos, melhoria da qualidade do produto e aumento da eficiência dos processos de produção. O DFMA exige a colaboração entre as equipes multidisciplinares e o uso de ferramentas e técnicas apropriadas para a análise e otimização dos processos de produção.

Este artigo destaca algumas ferramentas e técnicas comumente utilizadas no DFMA, como diagrama de fluxo de processos e análise de valor. Essas ferramentas fornecem estrutura e orientação para identificar gargalos e oportunidades de melhoria, permitindo que os projetistas tomem decisões informadas durante o processo de projeto.

O processo de *picking*, que consiste na coleta de produtos em um armazém para atender pedidos de clientes, é uma atividade essencial em operações logísticas e de distribuição. Duas abordagens amplamente utilizadas para a realização dessa tarefa são o *picking* por carrossel e o *picking to light*. Nesse artigo, será feita uma análise comparativa entre esses dois sistemas, abordando suas características, vantagens e desvantagens com base em referências bibliográficas especializadas e estudo de caso em um operador logístico.

O *picking* por carrossel tem se mostrado eficiente em ambientes de alta densidade de armazenamento, otimizando o tempo de coleta e reduzindo os erros humanos.

O *picking* por luz, por outro lado, é adequado para ambientes de alta rotatividade de estoque e onde a precisão é fundamental, pois o sistema reduz o tempo para localizar e coletar os produtos, melhorando significativamente a produtividade.

Comparação entre os sistemas:

- Eficiência e Produtividade: Estudos comparativos como o de Tan et al. (2019) sugerem que o *picking to light* tem uma vantagem clara em termos de velocidade e eficiência, pois a tecnologia de iluminação direciona o operador diretamente ao item certo, reduzindo o tempo de deslocamento em comparação com o *picking* por carrossel, onde o operador ainda precisa encontrar manualmente o produto.
- Precisão: O *picking to light* também demonstrou ser mais preciso, uma vez que a indicação luminosa elimina grande parte dos erros humanos associados ao *picking* por carrossel, onde o operador pode selecionar itens errados por engano. (Zhang et al., 2020).
- Custo de Implantação: Por outro lado, o *picking* por carrossel pode ser mais econômico em termos de implantação inicial, conforme apontado por Silva e Souza (2018), uma vez que não requer a instalação de *displays* luminosos em cada posição de armazenamento.
- Flexibilidade: O *picking* por carrossel oferece maior flexibilidade em relação à alteração do *layout* do armazém, pois as prateleiras podem ser ajustadas de acordo com as necessidades de armazenamento. Por outro lado, o *picking to light* pode exigir mudanças no sistema de iluminação ao reorganizar o estoque (Azevedo e Oliveira, 2021).

Ambos os sistemas têm seus méritos e são eficazes em diferentes contextos logísticos. A escolha entre eles dependerá das necessidades específicas de cada empresa, considerando fatores como o tipo de estoque, o volume de pedidos, a precisão desejada e o orçamento disponível. Em alguns casos, uma combinação dos dois sistemas pode ser a solução ideal para alcançar um processo de *picking* altamente eficiente e preciso no ambiente de armazenamento.

A condução desta pesquisa justifica-se pela importância da análise detalhada do processo de *picking* e proposição de um novo modelo adequado às demandas atuais e futuras do cliente. O desenvolvimento desta pesquisa ocorreu entre os meses de julho de 2021 até junho de 2022, ressaltando que o acompanhamento deverá ser constante para a melhoria contínua do processo. O resultado esperado desta pesquisa é a elaboração de um processo de *picking* competitivo, reduzindo o tempo atual, evitando erros, agregando valor ao cliente.

Após análise do processo de coleta da empresa estudada, foi evidenciado que a capacidade diária de separação era insuficiente em relação a demanda do cliente, gerando atrasos na entrega e o não cumprimento do volume mensal demandado. Mediante a este cenário, decidiu-se por rever o processo produtivo e propor soluções plausíveis para reverter a situação perante o cliente.

Ao final da pesquisa, os resultados demonstram que com a aplicação das ferramentas, foi possível analisar e propor um novo processo de separação e coleta mais rápido e confiável, com capacidade de atender a demanda do cliente a um menor custo.

O objetivo geral desta pesquisa é por meio da técnica do *Design For Manufacturing And Assembly* – DFMA), estudar o processo atual de *picking* e

propor um novo modelo mais eficiente. Esse objetivo geral foi dividido nos objetivos específicos abaixo:

- Avaliar o processo atual com uso do (*Value Stream Mapping* - VSM);
- Elaborar e Implementar um novo processo de *picking* com a aplicação do DFMA.

## 2 Referencial teórico

### 2.1 Design for Assembly (DFA)

O DFA proporciona aos engenheiros de projeto, conhecimento sobre questões de montagem, permitindo antecipação e melhoria junto ao projeto. (KRUMENAUER, MATAYOSHI, FILHO e BATALHA, 2008)

A simplicidade do processo de montagem não depende unicamente do item e suas características, mas depende do processo de abastecimento de materiais, manuseio e procedimento de montagem. (BOOTHROYD, 1994).

O objetivo deste método é tornar o processo mais simples e reduzir o custo total além do tempo gasto para montagem. (TODIC, VUKMAN, 2012)

O DFA é amplamente aplicado em diversas indústrias, incluindo automotiva, eletrônica, eletrodomésticos e muitas outras. A metodologia é especialmente útil para produtos com grandes volumes de produção, nos quais pequenas melhorias no processo de montagem podem resultar em grandes economias de tempo e dinheiro.

Existem vários princípios fundamentais do DFA que devem ser considerados durante o processo de projeto. Alguns são:

- Minimização do número de peças: Quanto menor o número de peças, mais fácil e rápido será o processo de montagem. Isso inclui a redução do número de componentes individuais e a integração de funções em uma única peça, sempre que possível.
- Padronização e modularização: O uso de elementos padronizados e módulos pré-fabricados facilita a montagem, pois as peças são projetadas para se encaixarem perfeitamente. Além disso, a modularização permite a substituição rápida de componentes defeituosos ou a atualização de um produto sem afetar todo o conjunto.
- Acessibilidade e visibilidade: Os projetistas devem garantir que as áreas de montagem sejam acessíveis e visíveis. Isso facilita a inserção de peças, a conexão de componentes e a verificação de erros durante o processo de montagem.
- Projeto para automação: Quando possível, o DFA deve levar em consideração a possibilidade de automação da montagem. O projeto deve incluir recursos que permitam a utilização de máquinas e robôs para realizar tarefas repetitivas e de alta precisão.

A implementação efetiva do DFA pode trazer vários benefícios para as empresas, tais como:

- Redução de custos de produção: Ao simplificar o processo de montagem e reduzir o número de peças, os custos de produção são

significativamente reduzidos. Menos peças significam menos tempo gasto na montagem e menos materiais necessários.

- Aumento da qualidade do produto: Com um projeto otimizado para montagem, é menos provável que ocorram erros ou falhas durante o processo de produção. Isso resulta em produtos de maior qualidade e maior satisfação do cliente.
- Redução do tempo de produção: O DFA permite uma montagem mais rápida e eficiente, reduzindo assim o tempo necessário para produzir um produto. Isso leva a um aumento da produtividade e uma resposta mais rápida às demandas do mercado.

As vantagens diretas representam diminuição dos custos fixos e variáveis de montagem, sendo elas manuais ou não. Um item projetado utilizando os princípios de DFA demandam necessidade de menos máquinas, especialistas para montagem e reduz as dificuldades das atividades de montagem.

Vantagens indiretas são a simplificação do controle de estoque, aumento da confiabilidade do item reduzindo o tempo de garantia e custos de manutenção. (KRUMENAUER, MATAYOSHI, FILHO e BATALHA, 2008).

## **2.2 Design for Manufacturing (DFM)**

Design for Manufacturing (DFM) é uma abordagem estratégica adotada na indústria para otimizar o processo de fabricação de produtos desde as fases iniciais de desenvolvimento do projeto. Essa abordagem visa garantir que o produto seja fabricado de maneira eficiente, econômica e com alta qualidade (Smith et al. 2017). O DFM envolve a consideração de vários fatores, como a seleção adequada de materiais, métodos de fabricação, processos de montagem e tolerâncias dimensionais (Jones, 2015).

Segundo (Jones, 2015), um dos principais princípios do DFM é a simplificação do projeto. Autores como (Brow e Wilson, 2019) destacam que tal princípio envolve a eliminação de componentes desnecessários, redução do número de peças, simplificação dos processos de montagem e minimização da complexidade geral. A simplificação do projeto não apenas simplifica a fabricação, mas também reduz os custos de produção e aumenta a confiabilidade do produto.

A colaboração entre as equipes de design e fabricação é essencial no DFM (Jonhson et al. 2018). A comunicação eficiente e o compartilhamento de conhecimentos entre essas equipes garantem que os requisitos de fabricação sejam considerados desde as fases iniciais do projeto (White e Lee, 2016). A implementação do DFM requer uma abordagem multidisciplinar, com participação de engenheiros de design, engenheiros de fabricação, especialistas em materiais e outras partes interessadas relevantes (Miller, 2020).

Vários métodos e ferramentas estão disponíveis para auxiliar a implementação do DFM (Wang, et al., 2019). Por exemplo, a análise de valor, o projeto para montagem e desmontagem (DFMA), a simulação de processos de fabricação e o uso de prototipagem rápida são técnicas amplamente utilizadas (Black et al., 2018). Essas ferramentas ajudam a identificar problemas potenciais,

avaliar alternativas de design, otimizar os processos de fabricação e tomar decisões informadas durante o desenvolvimento do produto.

A utilização de práticas do DFM, ilustrou a forma ordenada e efetiva de execução do método em situações de fabricação. (DRISCOLL, 2002). Projetistas têm de considerar a capacidade de fabricação para atender os objetivos de simplificar o processo de fabricação e alinhar o projeto com o procedimento para obter resultados ideais. (BOOTHROYD, 1994)

A implementação eficaz do DFM pode levar a uma série de benefícios para as empresas, incluindo redução de custos de produção, menor tempo de desenvolvimento de produto, aumento da qualidade e confiabilidade, melhoria na eficiência de fabricação e maior satisfação do cliente. Para alcançar esses benefícios, é necessário que o projeto seja orientado para a fabricação desde o início, com a colaboração estreita entre as equipes de design e fabricação.

### **2.3 Design for Manufacturing and Assembly (DFMA)**

O DFMA envolve a consideração do processo de fabricação e montagem durante as fases iniciais do projeto de um produto. Ao projetar levando em conta a facilidade de fabricação e montagem, é possível evitar problemas e desafios que poderiam surgir mais tarde, durante a produção em massa (Smith et al., 2017). A abordagem DFMA pode ser dividida em duas principais etapas: *Design for Manufacturing* (DFM) e *Design for Assembly* (DFA) (Jones, 2015).

Os estudos realizados por (Jonhson et al., 2018), ajudam a lidar com as despesas, capacitando projetistas a ativos de forma mais efetiva, reduzindo custo e aprimorando os indicadores do negócio.

Uma visão geral do procedimento para análise do DFMA é identificar o produto no qual a análise será realizada. Após a seleção, o produto é individualmente desmontado, as peças são modeladas em software CAD (Black e Wilson, 2019).

A análise de custo de DFM é realizada nas peças individuais para definir uma linha de base de custo de desenho do produto e a análise de DFA para identificar os candidatos a eliminação. (TODIC, VUKMAN, 2012).

A implementação do DFMA também pode levar a uma redução significativa no tempo de lançamento do produto no mercado. Ao otimizar o processo de fabricação e montagem desde as fases iniciais do projeto, é possível encurtar os ciclos de desenvolvimento e produção. Isso permite que as empresas respondam mais rapidamente às demandas do mercado e ganhem vantagem competitiva.

Em resumo, o DFMA é uma abordagem estratégica que visa otimizar o processo de fabricação e montagem de produtos industriais. Ao considerar as capacidades e limitações dos processos de fabricação desde as fases iniciais do projeto, é possível reduzir custos, melhorar a qualidade e aumentar a eficiência produtiva. A implementação do DFMA traz benefícios significativos, como redução de custos, melhoria da qualidade e encurtamento do tempo de lançamento no

mercado. A utilização de ferramentas e métodos adequados é essencial para o sucesso da implementação do DFMA.

## 2.4 Picking por Luz

O *picking* por luz ou *picking to light* é um método de coleta de pedidos que utiliza tecnologia de luzes para auxiliar no processo de separação de itens em um armazém ou centro de distribuição. Esse sistema é amplamente utilizado em setores como logística, varejo e e-commerce, com objetivo de aumentar a eficiência e a precisão na preparação de pedidos (Smith, 2017).

O processo de *picking* é uma etapa crítica em operações de armazenamento e distribuição. Tradicionalmente, os trabalhadores são responsáveis por percorrer corredores e prateleiras em busca dos produtos solicitados, o que pode ser demorado e suscetível a erros (Jones, 2015). O *picking to light* utiliza luzes indicativas em cada local de armazenamento para indicar ao operador qual item deve ser selecionado. Essas luzes são acionadas automaticamente por um sistema de gerenciamento, que recebe as informações dos pedidos e determina a sequência de coleta mais eficiente (Lee, 2016).

A utilização do *picking to light* oferece várias vantagens em relação aos métodos tradicionais de separação de pedidos. Em primeiro lugar, a tecnologia de luzes permite uma localização mais rápida e precisa dos itens. Ao iluminar o local de armazenamento específico, o operador pode encontrar facilmente o produto desejado, reduzindo o tempo de busca. Isso resulta em um aumento significativo na produtividade, especialmente em grandes centros de distribuição onde a distância percorrida pelos trabalhadores pode ser considerável (Johnson et. Al, 2018).

Conforme (Black e Wilson, 2019) além disso, o *picking to light* também ajuda a minimizar erros durante o processo de coleta. As luzes indicativas evitam confusões, garantindo que o operador selecione o item correto. Isso é especialmente importante em operações que lidam com uma ampla variedade de produtos, onde a confusão entre itens similares pode ocorrer com mais frequência. A precisão aprimorada do *picking to light* contribui para a satisfação do cliente, pois reduz o número de erros de envio e a necessidade de devoluções (Miller, 2020).

Outra vantagem apontada por (Wang et al., 2019) é a possibilidade de rastrear dados em tempo real. Com o sistema de gerenciamento conectado às luzes, é possível monitorar o desempenho dos operadores, identificar gargalos no processo de separação e fazer ajustes necessários. Esses dados podem ser analisados para otimizar o *layout* do armazém, definir estratégias de roteamento e determinar as melhores práticas de trabalho (Brown e Lee, 2016).

Vale ressaltar que a implementação do *picking to light* requer investimentos em infraestrutura e tecnologia (Smith e Johnson, 2017). É necessário instalar luzes indicativas em cada local de armazenamento, conectar essas luzes a um sistema centralizado e treinar os operadores para utilizar o sistema corretamente. No

entanto, os benefícios proporcionados pela maior eficiência e precisão compensam os custos iniciais, especialmente em operações com alto volume de pedidos (White e Miller, 2018).

## 2.5 Picking por Carrossel

O *picking* por carrossel é um método de coleta de pedidos amplamente utilizado em ambientes de armazéns e centros de distribuição. Nesse sistema, os itens são armazenados em prateleiras ou estantes em torno de um dispositivo de transporte circular, conhecido como carrossel. À medida que os pedidos são recebidos, o carrossel gira para trazer as prateleiras com os itens necessários para os operadores, tornando o processo de *picking* mais eficiente e produtivo (Smith et al., 2018). Neste referencial teórico, exploraremos os benefícios e desafios do *picking* por carrossel, além de discutir sua aplicabilidade em diferentes setores e a importância do planejamento e do gerenciamento adequados.

Vantagens significativas são oferecidas pelo *picking* por carrossel em comparação com métodos tradicionais de coleta de pedidos. Uma das principais vantagens é a redução do tempo de deslocamento dos operadores. Como as prateleiras são trazidas diretamente para os operadores pelo carrossel, eles não precisam percorrer longas distâncias no armazém em busca dos itens desejados. Isso resulta em um aumento na produtividade e na eficiência do processo de *picking*, permitindo que um maior volume de pedidos seja atendido e, período mais curto (Jones, 2015).

Além disso, o *picking* por carrossel também ajuda a minimizar erros durante o processo de coleta. Os itens são organizados de forma ordenada nas prateleiras do carrossel, facilitando a identificação correta e reduzindo a probabilidade de confusão ou troca de produtos. Isso é especialmente benéfico em operações com grande variedade de produtos e pedidos complexos (White e Lee, 2016).

No entanto, existem alguns desafios associados ao *picking* por carrossel. Um deles é a necessidade de um planejamento cuidadoso para otimizar o arranjo dos itens nas prateleiras do carrossel. A disposição adequada dos produtos influencia diretamente a eficiência do processo de *picking*, garantindo que os itens mais frequentemente solicitados estejam posicionados de forma estratégica. Além disso, é importante considerar o equilíbrio de carga entre as prateleiras do carrossel, de modo a evitar sobrecargas ou desequilíbrios que possam comprometer o desempenho do sistema (Jhonson et al., 2018).

A aplicabilidade do *picking* por carrossel varia de acordo com o setor e o tipo de operação. Esse método é particularmente eficaz em ambientes com um grande número de SKUs (*Stock Keeping Units*) e uma demanda média alta. Indústrias como varejo, e-commerce, farmacêutica e distribuição de peças são exemplos de setores nos quais o *picking* por carrossel tem sido amplamente adotado. No entanto, é importante considerar que a implementação desse sistema pode exigir investimentos significativos em infraestrutura, como a instalação de carrosséis e sistemas automatizados de controle (Black e Wilson, 2019).



Por fim, autores como (Wang et al., 2019) enfatizam que o planejamento e o gerenciamento adequados são fundamentais para o sucesso do *picking* por carrossel. É essencial realizar uma análise detalhada dos requisitos operacionais, como volume de pedidos, a variedade de produtos e os padrões de demanda. Com base nesses dados, é possível projetar um *layout* eficiente, determinar o número adequado de carrosséis e definir as estratégias de *picking* mais adequadas. Além disso, o treinamento dos operadores e a implementação de sistemas de controle de estoque precisos são cruciais para garantir a precisão e eficiência do processo.

## 2.6 Value Stream Mapping (Mapeamento do Fluxo de Valor)

Mapeamento do fluxo de valor, *Value Stream Mapping* (VSM) é uma ferramenta eficaz por suas características em mapear todo o fluxo do processo e seu valor agregado, e identificar as etapas que não agregam valor na fabricação de um produto ou serviço, do fornecedor ao cliente (JIN, DOOLEN, 2014).

O VSM mostra como cada processo é, com o momento de proceder as necessidades do cliente do próximo processo, com todos os movimentos de materiais e informação. As fontes de perdas são identificadas e no planejamento do estado futuro são eliminadas, considerando toda a cadeia de valor e não apenas os processos individuais locais (LIBRELATO *et al.* 2014).

Em qualquer indústria de transformação, as operações podem ser classificadas em três gêneros principais: atividades que não agregam valor (ANVN), mas necessárias; atividades que não agregam valor, mas desnecessárias (ANVD) e as que agregam valor (AV).

As atividades (ANVD) não agregam valor ao cliente e nem à empresa, se constituem como desperdício e precisam ser erradicadas (manuseio desnecessário, reprocesso, tempo de espera etc.). Para apresentação dos processos de produção de forma esquemática, são utilizados símbolos que representam produtos, operações e fluxos de informação (JASTI, SHARMA, 2014). Partindo da análise do mapeamento do estado atual elabora-se um novo desenho de processo com o mapa do fluxo de valor projetando o estado futuro (SETH; SETH; DHARIWAL, 2017). A figura 3 apresenta um modelo de mapeamento indicando as principais etapas do processo.

## 2.7 Tempos e Métodos

Segundo Slack, e Johnston (2013), a agilidade na tomada de decisões, na movimentação de materiais e comunicação interna da operação é muito importante proporcionando benefícios como redução de estoques, redução de riscos e auxiliar a rapidez na resposta aos clientes externos. Em contrapartida, o desperdício ou o uso inadequado do tempo pode se transformar em custos extras durante a operação.

O objetivo da medição dos tempos de trabalho era definir qual a melhor maneira de desenvolvimento de uma tarefa específica, metodologia que permanece praticamente inalterada desde aquela época. A cronometragem das tarefas continua sendo largamente utilizada na maioria das empresas brasileiras

com o objetivo de medir e avaliar o desempenho do trabalho (PEINADO, GRAEML, 2007).

Segundo Gaither e Frazier (2004), pode-se dizer que a medida do trabalho está relacionada ao processo de estimar a quantidade de tempo que um operador necessita para gerar uma unidade de produção e sua meta final quase sempre é desenvolver padrões de mão-de-obra com alta produtividade.

Slack, e Johnston (2013), afirmam que o estudo de tempos consiste em uma técnica de medição do trabalho muito utilizada para fins registro dos tempos e andamento do trabalho para elementos de determinada tarefa, geralmente realizada em condições pré-determinadas, os dados obtidos são analisados para se obter o tempo que é necessário para a realização do trabalho e definir seu nível de desempenho.

De acordo com Peinado e Graeml (2007), a amostragem do trabalho é uma técnica que permite estimar a porcentagem de tempo que um trabalhador ou uma máquina utiliza em cada atividade, não é necessário a observação contínua nem cronometrar a atividade, por L.H.C Tippet, na indústria têxtil inglesa. Em 1940, nos EUA, foi implantada com o nome de relação de esperas, seu uso ganhou mais popularidade a partir de 1950. Atualmente, é mais utilizada que a cronometragem, posto que o aumento do número de organizações de serviços precisa de técnicas com rapidez e maior abrangência (PEINADO, GRAEML,2007).

## 2.8 Layout Industrial

O *layout* industrial desempenha um papel fundamental na eficiência operacional de uma instalação produtiva. Esta pesquisa aborda o estudo do *layout* industrial, conceitos, métodos de otimização e sua importância para a organização.

O *layout* refere-se à organização espacial dos recursos produtivos em uma fábrica ou instalação. Ele engloba a disposição dos equipamentos, máquinas, áreas de trabalho, estoques e fluxo de materiais. Um *layout* bem planejado pode reduzir tempos de transporte, aumentar a eficiência da mão de obra, otimizar o uso do espaço e facilitar a comunicação entre diferentes setores. Abaixo segue os principais conceitos abordados para um estudo de *layout*.

- Importância do *layout* industrial:

Um *layout* inadequado pode resultar em gargalos de produção, desperdícios de recursos, retrabalho e falta de flexibilidade para adaptações futuras. Um *layout* bem projetado, por outro lado, pode resultar em maior produtividade, redução de custos, melhoria na qualidade do produto e segurança aprimorada para os funcionários.

- Fatores a considerar no *layout*:

Diversos fatores devem ser considerados ao planejar um *layout* industrial, incluindo o fluxo de processos, necessidades de comunicação, ergonomia, segurança, regulamentações e demandas específicas de um setor. Um *layout* deve ser flexível o suficiente para acomodar mudanças e expansões futuras.

- Métodos de planejamento:

Existem várias abordagens para o planejamento de *layout* industrial. Alguns dos métodos mais comuns incluem o *layout* por processo, no qual as máquinas e recursos são agrupados por similaridade de processos, e o *layout* por produto, que organiza as áreas de acordo com a sequência de produção do produto.

- Ferramentas de Análise e Otimização:

Diversas ferramentas auxiliam na análise e otimização de *layouts* industriais. A simulação computacional permite avaliar diferentes cenários e identificar gargalos potenciais antes da implementação. Além disso, métodos quantitativos, como a análise de fluxo de materiais e o mapeamento de processos, ajudam a identificar áreas de melhoria.

- Tecnologia Avançadas e Indústria 4.0:

A indústria 4.0 trouxe avanços significativos para o estudo de *layout* industrial. Sensores IoT podem coletar dados em tempo real sobre a movimentação de materiais e o uso de recursos. Algoritmos de inteligência artificial podem analisar esses dados para otimizar dinamicamente o *layout* e identificar oportunidades de melhoria contínua.

- Estudos de Caso:

Vários estudos de caso exemplificam a importância do *layout* industrial. A reorganização da linha de montagem da Toyota utilizando os princípios do Sistema Toyota de Produção resultou em eficiência e qualidade notavelmente aprimoradas. A Zara, varejista de moda, adotou um *layout* flexível que permita mudanças rápidas para se adaptar às tendências da moda.

- Conclusão:

O estudo de *layout* industrial desempenha um papel crucial na busca pela eficiência operacional e competitividade. Um *layout* bem projetado pode melhorar a produtividade, reduzir custos e melhorar a qualidade do produto. Com a evolução contínua das tecnologias de análise e otimização, as organizações têm mais ferramentas à disposição para criar ambientes de produção altamente eficientes e adaptáveis.

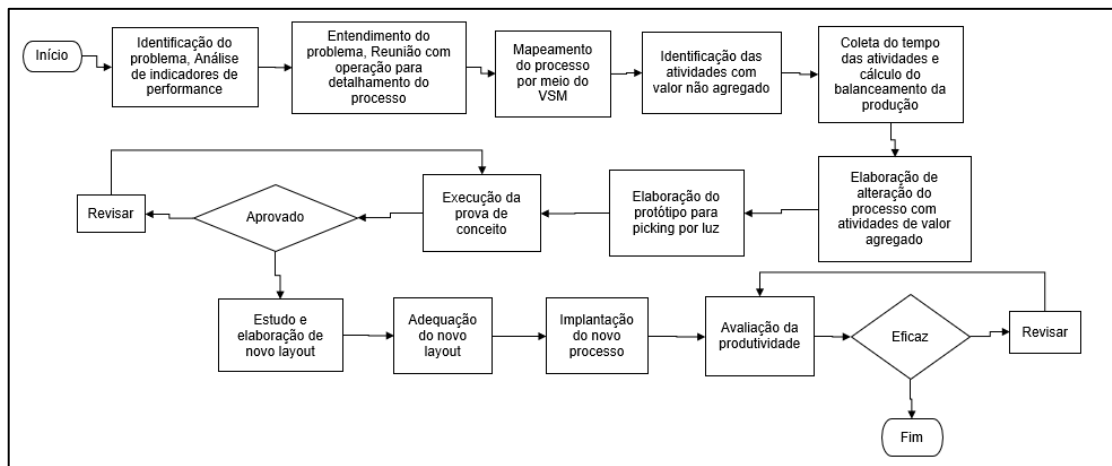
### **3 Método**

Este capítulo apresenta o procedimento metodológico utilizado para a aplicação do projeto, evidenciando as etapas realizadas durante a construção do projeto, objetivando elucidar o local, objetivos, instrumentos de pesquisa, coleta e análise dos dados e as fases de desenvolvimento do projeto na empresa. Define-se ciências como procedimentos que utilizam métodos científicos, porém, nem todos os trabalhos que utilizam esses métodos podem ser apontados como ciências, logo os métodos científicos não são exclusivamente utilizados pela ciência, porém, não se considera como ciências aquilo que é alcançado sem o apoio de métodos científicos (MARCONI e LAKATOS, 2017).

O método pode ser definido como uma forma de proceder em um caminho empregando um grupo de atividades sistemáticas e racionais, que permitem gerar conhecimentos válidos e verdadeiros auxiliando nas decisões de um cientista ou de um pesquisador na empresa de forma econômica e segura (MARCONI e LAKATOS, 2017).

A figura 1, traz a seqüência das atividades desenvolvidas ao longo da pesquisa.

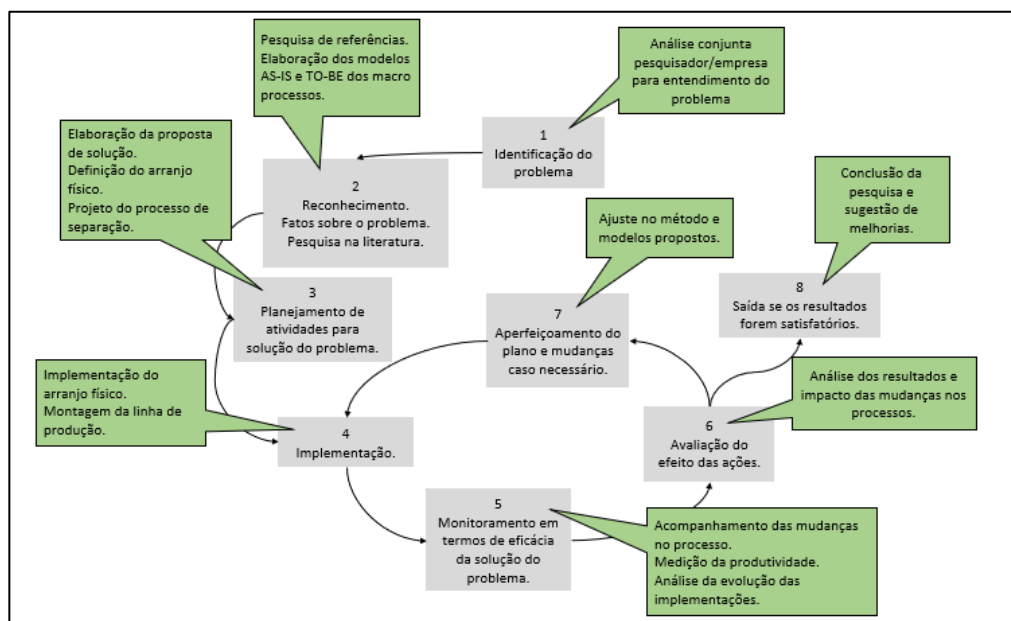
**Figura 1** – Fluxo das atividades da pesquisa



Fonte: Autores (2022)

O desenvolvimento da pesquisa-ação está dividido em oito fases apresentadas na literatura de McKay e Marshall (2001), detalhadas na figura 2 a seguir.

**Figura 2** – Fluxo das atividades da pesquisa



Fonte: Adaptado de McKay e Marshall (2001)

As etapas ilustradas na figura 2 são descritas como segue: Etapa 1, Identificação do problema, consiste na tarefa do pesquisador identificar o problema que tenha interesse em resolver. Etapa 2, o pesquisador deve se empenhar em promover uma ampla revisão de literatura em busca de teorias que sirvam para dar suporte à solução do problema. Etapa 3, consiste em desenvolver um plano de ações para a solução do problema. Etapa 4, o plano de ação desenvolvido na etapa 3 deve ser colocado em prática. Etapa 5, consiste em monitorar as ações implementadas para saber se os resultados obtidos estão de acordo com o esperado. Etapa 6, nesta etapa deve ser feito a avaliação do efeito das ações. É um ponto de decisão. Caso as ações tenham resolvido o problema, passar diretamente para a etapa 8. Caso contrário, ações corretivas devem ser implementadas na etapa 7. Etapa 7, esta etapa deverá ser implementada caso o plano de ações elaborado na etapa 3 necessite de ajustes. Etapa 8, é a etapa conclusiva onde o problema deverá estar resolvido e os objetivos atingidos (tabela deste parágrafo).

Esta pesquisa foi desenvolvida em um operador logístico 3PL, especificamente no processo de separação e expedição de joias, onde a principal oportunidade de melhoria era que o volume diário expedido não conseguia atender a demanda do cliente.

O volume diário expedido não estava atendendo a demanda do cliente, ocorrendo atrasos e necessidade de trabalhos em horário extraordinário. Devoluções por erros de separação e reclamações contribuíram para a decisão em analisar o processo atual, mensurar as atividades e tempos, fornecendo subsídios para elaboração de um novo método de separação e expedição.

A opção pela metodologia DFMA se deu devido a necessidade de simplificar o processo, reduzir o custo de separação e otimizar a sequência das atividades.

O mapeamento inicial do processo, foi feito com utilização da ferramenta da qualidade VSM (*Value Stream Mapping*), aplicada no processo de separação e expedição de itens demandados pelo cliente.

Um estudo de tempos e movimentos foi realizado na área identificando as etapas do processo com maior duração, a análise detalhada permitiu evidenciar que o tempo total do processo não era suficiente para processar a quantidade de itens demandados pelo cliente. Como o processo de *picking* era feito por carrossel, o tempo para coleta de cada item estava atrelado a velocidade de operação do próprio carrossel, isto levou a analisar outras possíveis formas de efetuar a separação e, em função do espaço físico disponível, optou-se pelo *picking* por luz.

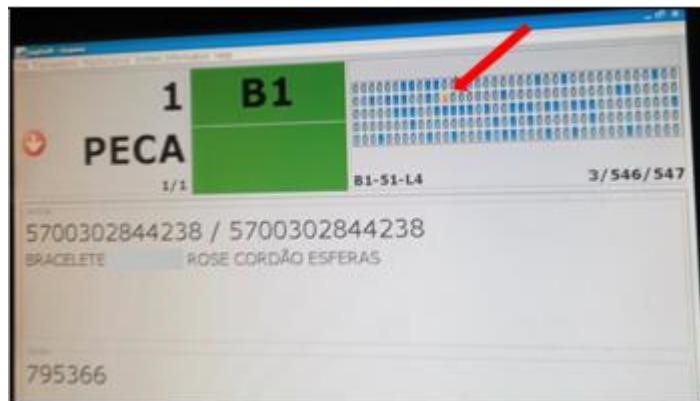
Em um primeiro momento, foi dimensionado um armário para alocar os itens e em paralelo, desenvolvido um sistema luminoso para indicar a posição onde cada item está armazenado. Os resultados obtidos validaram a decisão para a substituição do carrossel para *picking* por luz.

## 4 Resultados e Discussão

Ao estudar as etapas do processo, foi identificado que o volume diário separado estava limitado pela velocidade de operação do carrossel. A etapa de *picking* consiste na identificação do item na ordem de coleta, seleção do mesmo no carrossel, observar a posição da caixa Bin na bandeja e coleta dele. O carteadado significa a conferência do item coletado e separação por cliente. A etapa de embalagem pode ser dividida em duas formas: com ou sem porta joia, a qual altera o tempo total do processo.

A figura 3 apresenta a tela do carrossel com o *layout* da bandeja selecionada, indicando em cor amarelada a caixa BIN em que se encontra o item a ser coletado.

**Figura 3** – Imagem da tela do carrossel com o item selecionado.



**Fonte:** Autores (2022)

Como as bandejas não são identificadas com linha e coluna (Fig.4), torna-se demorado a identificação correta do BIN, além do risco de coletar item errado.

**Figura 4** – Imagem da bandeja do carrossel.



**Fonte:** Autores (2022)

**Figura 5** – Imagem da bandeja do carrossel.



**Fonte:** Autores (2022)

Inicialmente as bandejas foram identificadas por critério de linhas e colunas, sendo as linhas identificadas com algarismos e as colunas, identificadas com letras, sincronizando a identificação das bandejas com a identificação do painel eletrônico. Concluído a identificação das bandejas, foi realizado o redimensionamento das caixas BIN, adequando o *layout* de todas as bandejas com a demanda dos itens, este estudo permitiu aumentar a quantidade de sku's armazenados por bandeja, apresentado na figura 5.

**Quadro 1** – Quadro comparativo entre *layout*.

	<i>Jess Tray 1</i>	<i>Jess Tray 2</i>	<i>Hawkers</i>	<i>Novo Layout</i>
<i>Qt. de bandejas</i>	29	29	4	62
<i>SKU por bandeja</i>	56	27	14	190
<i>Total de SKU</i>	1624	783	56	11780

**Fonte:** Autores (2022)

Observa-se no quadro acima que após o redimensionamento das caixas BIN e *layout*, a capacidade total de armazenamento passou para 11.780 SKU's, muito superior a 2.463, anterior a mudança.

Paralelamente às alterações na operação, foi desenvolvido um sistema eletrônico para controle de funcionamento do *picking* por luz. A tela apresentada na figura 6; foi criada para que os operadores possam acessar o sistema por meio de identificação funcional e senha individual.

**Figura 6:** Tela para identificação e acesso dos colaboradores



**Fonte:** Autores (2022)

Uma vez acessado o sistema, a primeira etapa é informar a identificação da posição onde cada item será alocado como mostra a figura 7, criando uma base de dados confiável agilizando a coleta.

**Figura 7:** Tela para indicação do local onde o item for armazenado.

The screenshot shows a web application interface. At the top, there are tabs for 'Cadastro' and 'Configuração'. Below the tabs, there are buttons for 'Incluir', 'Consultar Item', 'Romaneio', and 'Checkout'. The main area is divided into two sections. On the left, there is a form with the following fields: 'Identificação do usuário' (text input), 'Localização do Item' (a dropdown menu for 'Armário', and two dropdown menus for 'Coluna' and 'Linha'), 'SKU do Item' (text input), and 'Quantidade' (text input). On the right, there is a grid with 7 columns labeled A through G and 5 rows labeled 1 through 5. Each cell in the grid is empty, representing a storage location.

**Fonte:** Autores (2022)

O sistema também permite fazer uma consulta da locação apenas informando o código do SKU, vide figura 8.

**Figura 8:** Tela para consulta da locação do item armazenado.

The screenshot shows a web application interface. At the top, there are tabs for 'Cadastro' and 'Configuração'. Below the tabs, there are buttons for 'Incluir', 'Consultar Item', 'Romaneio', and 'Checkout'. The main area is a form with the following fields: 'Informe o SKU' (text input), 'SKU:' (text input), 'Localização' (a container for two sub-fields: 'Armário:' and 'Posição:', both text inputs), and 'Quantidade:' (text input).

**Fonte:** Autores (2022)

O processo de coleta desenvolvido se inicia com a identificação do colaborador e informação do romaneio que deseja fazer a coleta (figura 9), o sistema faz a leitura dos SKU's do romaneio, realiza a consulta da localização e informa os locais acendendo as respectivas luzes.



**Figura 9:** Tela que identifica o colaborador que realizará a coleta

Itens do Romaneio				
Descrição	Ean	Cód. Externo	Un. Medida	Quantidade
[Área cinza para itens]				

**Fonte:** Autores (2022)

Uma vez que as luzes foram acesas (figura 10), o colaborador se dirige ao item, realiza a coleta e informa por meio de rádio frequência que a coleta foi realizada, o sistema por sua vez, apaga o led e efetua a baixa do estoque. O colaborador se desloca para o item mais próximo e repete a operação até que todos os itens sejam coletados.

**Figura 10:** Protótipo com led indicativo



**Fonte:** Autores (2022)

Para agilizar o processo, foi utilizado fita de led e iniciado com cinco cores distintas, ou seja, cada colaborador recebe uma cor no início do turno e, somente faz a coleta dos itens de sua respectiva cor. Essa alternativa possibilita realizar o processamento de cinco romaneios distintos e simultâneos.

Na figura 11, é possível identificar três cores distintas (azul, branco e vermelho), simulando a simultaneidade do processo, testado em prova de conceito.

**Figura 11:** Protótipo com led colorido



**Fonte:** Autores (2022)

Após validado o processo na prova de conceito, o projeto final com dimensionamento de todos os SKU's e projeto do *layout* foi desenvolvido para implantação definitiva na operação.

A figura 12, ilustra o armário definitivo com os leds na posição determinada pelo projeto do *layout*.

**Figura 12:** Armário definitivo implementado na operação

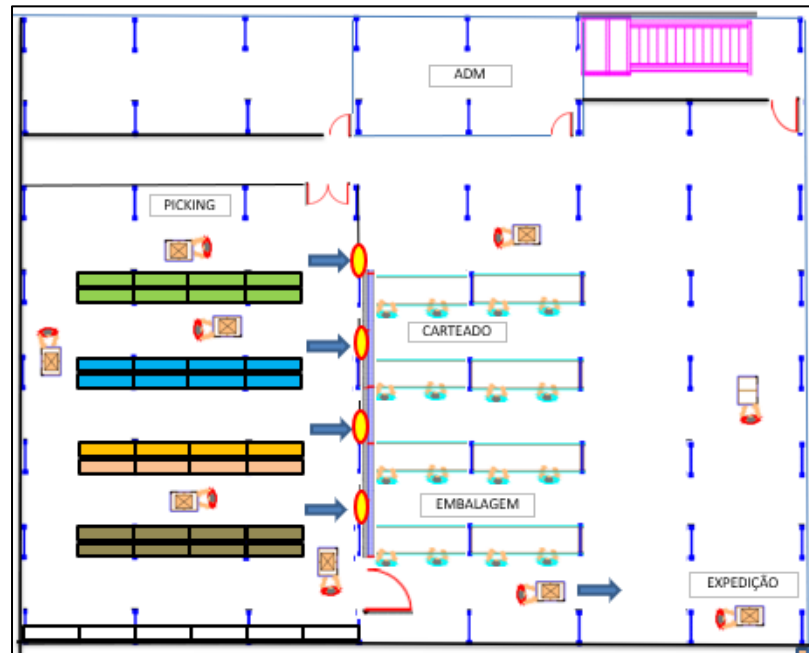


**Fonte:** Autores (2022)

O projeto do *layout* apresentado na figura 13, teve por princípio a redução de movimentos e agrupamento dos itens com maior rotatividade. A disposição dos armários permite que os colaboradores percorram toda a área facilitando a visualização dos *led's* acesos reduzindo o tempo de coleta.

Com a adequação do novo *layout*, houve uma redução significativa do tempo para coleta e separação dos materiais, inclusive, permitindo um planejamento prévio da quantidade de separadores necessários para a jornada.

**Figura 13**– *Layout* da produção depois



Fonte: Autores, 2022

## 5 Considerações Finais

Com a aplicação das ferramentas mencionadas, foi possível analisar o processo atual, identificar oportunidades de melhorias, elaborar cenários para aprovação da alta direção sobre qual modelo seria implementado e ainda, evidenciar ganhos preliminarmente projetados.

As melhorias implementadas foram acompanhadas e validadas pela alta direção juntamente com o cliente, o qual, ao constatar o real aumento da capacidade produtiva, redução do prazo de entrega e flexibilidade para absorver alteração de demanda, vem aumentando gradativamente a colocação de pedidos fortalecendo a relação comercial entre as empresas.

A figura 14 apresenta um comparativo entre os processos com as etapas e os tempos de operação para coleta de um item pelo processo de *picking* por luz.

**Figura 14**– Layout da produção depois

	ANTES			DEPOIS
	Operação	Descrição	Tempo (s)	Tempo (s)
Picking	1	Seleção da bandeja	35	0
	2	Colheita do item	15	8
	3	Conferência	5	0
	4	Leitura e baixa	25	5
		<b>TOTAL</b>	<b>80</b>	<b>13</b>
Conferência	5	Bipar etiqueta	2	2
	6	Conferência	2	2
		<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
		<b>TOTAL do PROCESSO</b>	<b>84</b>	<b>17</b>

Fonte: Autores, 2022

No processo de separação por carrossel, a quantidade média diária de itens separados considerando uma jornada de 8 horas, é de 343 SKUs por colaborador. Com a implantação do *picking* por luz, esta quantidade passa a ser de 1.694 SKUs, com a possibilidade de fazer a atividade com cinco operadores simultâneos isto é, separar 8.470 SKUs no mesmo turno, Além de proporcionar flexibilidade à operação para absorver possíveis variações de demanda do cliente.

Para o caso estudado, ficou evidente que a alteração do processo para *picking* por luz foi fundamental para alavancar a operação e superar as demandas do cliente, o qual acompanhou e validou todo o processo de alteração, assegurando transparência e validação dos resultados.

Qualquer que seja a proposição de alteração de processo, esta deve ser feita com base na seleção de ferramentas adequadas ao estudo e solução de problemas. A metodologia aplicada na pesquisa continuará sendo objeto de estudos futuros em outras área da empresa, assegurando a melhoria contínua dos processos.

## Referências

- AZEVEDO, R.B.C., & OLIVEIRA, V.L.S. **A comparative study of two order picking systems using simulation**. Journal of Transport Literature, 15(1), 207-220, 2021.
- ANTUNES, Junico. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projetos e gestão da produção enxuta**. Bookman Editora, 2009.
- BARNES, Ralph M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. Editora Blucher, 1977.
- BLACK, G., RILEY, D., & SIMPSON, T. W. **Simulating 3D Printing's Impact on Design for Manufacturing Principles**. Procedia CIRP, 67, 687-692, 2018.
- BLACK, L. T., & WILSON, C. A. **Simplified Design for Manufacturing: A Comprehensive Approach to Structural Design**. CRC Press, 2019.
- BOKRANTZ, J., SKOOGH, A., YLIPAA, T.; STAHRÉ, J. **Handling of production disturbances in the manufacturing industry**. Journal of Manufacturing Technology Management, v. 27, n. 8, p.1054-1075, 1 jan. 2016.
- BOOTHROYD, G. **Product design for manufacture and assembly, Computer-Aided Design**, v. 26, n. 8, p. 505-520.
- BORBA, Mirna de. Arranjo físico. **Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas**, 1998.
- BROWN, L., & WILSON, C. **Simplified Design for Manufacturing: A Comprehensive Approach to Structural Design**. CRC Press, 2019.
- SILVA, Elaine Cristina; CAMAROTTO, João Alberto. **Contribuições da análise da atividade do trabalho no processo de retorno do trabalhador afastado por LER/DORT**. Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo, v. 27, n. 2, p. 131-137, 2016.
- CHIN, S. Y. **Utilização da modelagem e simulação para fins de análise comparativa de desempenho entre o arranjo físico funcional e o arranjo físico distribuído**, 2010. Disponível em: Acesso em: 27 nov. 2022.
- CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso Celso. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria & aplicações**. Autores, 2007.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C.A. **Administração de Produção e Operações**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2007.

DRISCOLL, M.O. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 122, p. 318-321, 2002.

DOS SANTOS, Raquel Santana Barbosa; CAJUI, Renan Miguel Felix; DA SILVA, Adriano Maniçoba. **Simulação a eventos discretos aplicada à gestão de filas em uma loja de tecidos**. South American Development Society Journal, v. 6, n. 17, p. 117, 2020.

FERNANDES, Luís Antonio Ferreira; DE CAMPOS, Kamila Amato. **SIMULAÇÃO LOGÍSTICA COMO FERRAMENTA DE TOMADA DE DECISÃO EM UM POSTO MÉDICO DE UM CENTRO RELIGIOSO**. South American Development Society Journal, v. 2, n. 6, p. 01-14, 2017.

FERRARI, Sidney Carlos; MORABITO, Reinaldo. **Aplicação de modelos de filas com abandono para análise de congestão em call centers**. Gestão & Produção, v. 27, n. 1, 2020.

GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administración de producción y operaciones**. International Thomson, 2000.

GIL, Antonio Carlos. **Pós-Graduação-Metodologia-Como Elaborar Projetos de Pesquisa-Cap 2**. 2017.

GUNTHER, H.O., & CHEN, F.F. **Order Picking in Warehouses**. In Warehouse Management (pp. 217-248). Springer, Cham, 2018.

HAASE, K., & KIM, B. **Carousel-based order picking systems: A literature review and modeling approach**. International Journal of Production Economics, 184, 59-78, 2017.

HUANG, Norden Eh. **Hilbert-Huang transform and its applications**. World Scientific, 2014.

JASTI, N. V. K.; SHARMA, A. **International Journal of Lean Six Sigma**, 2014.

JIN, H. W.; DOOLEN, T. L., **A comparison of Korean and US continuous improvement projects**. International Journal of Productivity and Performance Management, v. 63, n. 4, p. 384-405, 2014

JOHNSON, E. F., MILLER, A. D., & SMITH, W. F. **Designing and managing the supply chain: Concepts, strategies, and case studies**. McGraw-Hill Education, 2018.

JONES, R. V. **Design for manufacturability: optimizing cost, quality, and time-to-**

market. CRC Press, 2015.

JÚNIOR, Eudes Luiz Costa. **Gestão do processo produtivo**. Editora Ibplex, 2008.

KOUFTEROS, X.; Lu, G., Peters, R. C., Lai, K.-h., Wong, C. W. and Cheng, T. E., **Product development practices, manufacturing practices, and performance: A mediational perspective**, International Journal of Production Economics, v. 156, p. 83-97, 2014.

KRUMENAUER, Fábio Zuchetto et al. **Concurrent engineering and DFMA approaches on the development of automotive panels and doors**. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, v. 31, n. 2, p. 690-698, 2008.

LEÃO, L. B.; SOTTO, E. C. S. **A EVOLUÇÃO DOS MEIOS DE PAGAMENTO**. Revista Interface Tecnológica, v. 16, n. 1, p. 221–232, 30 jun. 2019.

LIBRELATO et al., 2014; RAHANI; AL-ASHRAF, **Desenvolvimento de Jogo para Simulação de Aprendizagem do Mapa Fluxo de Valor com Materiais Alternativos**, 2012.

McKay, J.; MARSHALL, P. **The Dual Imperatives of Action Research**. Information Technology & People, v. 14, n. 1, p. 46-59, 2001.  
<http://dx.doi.org/10.1108/09593840110384771>

MALLAT, N. **Exploring consumer adoption of mobile payments—a qualitative study**. **The Journal of Strategic Information Systems**, v. 16, n. 4, p 413-432, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963868707000480>. Acesso em: 24 out. 2021.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisa; amostragens e técnicas de pesquisa; elaboração, análise e interpretação de dados**. In: Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisa; amostragens e técnicas de pesquisa; elaboração, análise e interpretação de dados. 2012. p. 277-277.

MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da produção**. 2005.

MASCARENHAS BISNETO, J. P.; LINS, O. B. D. S. M. **Gestão da inovação: uma aproximação conceitual**. Revista Brasileira de Gestão e Inovação, janeiro/abril 2016.

MATTOS, M. A. B. B. **A verticalização e exclusividade dos arranjos de meios de pagamento brasileiros**. Monografia (Instituto de Economia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, p.7-63, 2017.

MILLER, D. P. **Design for manufacturing: from theory to applications**. Springer, 2020.

MORE, N. K. et al. **Design for Manufacture and Assembly (DFMA) Analysis of Burring Tool Assembly**. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Maharashtra, setembro 2015.

PAWAR, K.S., & LALWANI, C.S. **Order picking systems: A literature review**. European Journal of Operation Research, 242(3), 666-674, 2015.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção. Operações industriais e de serviços**. Unicenp, p. 201-202, 2007.

PETRALIA, K.; PHILIPPON, T.; RICE T.; VÉRON, N. **Banking disrupted? Financial intermediation in an era of transformational technology**. Geneva Report on the World Economy, n. 22, p. 1-120, set. 2019. Disponível em: <https://voxeu.org/content/bankingdisrupted-financial-intermediation-era-transformational-technology>. Acesso em: 14 nov. 2021.

PRADO, Darci. **Teoria das Filas e da Simulação**. Falconi Editora, 2022.

SETH, Dinesh; SETH, Nitin; DHARIWAL, Pratik. **Application of value stream mapping (VSM) for lean and cycle time reduction in complex production environments: a case study**. Production Planning & Control, v. 28, n. 5, p. 398-419, 2017.

SILVA, L.A., & SOUZA, G.D. **Picking methods Applied to order preparation: Na analysis in a small e-commerce company**. Revista de Gestão e Projetos, 9(3), 40-58, 2018.

SMITH, D.C., & ROBINSON, M.J. **Design for Manufacturing And Assembly. In Fundamentals of Manufacturing for Engineers** (pp. 271-290). Springer, Cham, 2018.

SMITH, J., BROWN, A., & JOHNSON, M. **Design for Manufacturing: Concepts and Strategies**. Publisher, 2017.

SLACK, Nigel et al. **Gerenciamento de Operações e de Processos:- Princípios e práticas de impacto estratégico**. Bookman Editora, 2013.



TAN, H., XU, Y. & XU, Z. **A comparative study of picking Technologies in the warehouse based on virtual reality simulation.** International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 105(9-12), 4231-4244, 2019.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação.** Cortez editora, 2022.

TODIĆ, V. et al. **Manufacturability of product design regarding suitability for manufacturing and assembly (DFMA).** Journal of production engineering, v. 16, n. 1, 2012.

WANG, L., SHIN, Y. C., & HUANG, T. **Computer-Aided Design for Manufacturing: A Systems Approach.** Academic Press, 2019.

WHITE, A., & LEE, H. **Design for Manufacturability and Assembly Handbook.** CRC Press, 2016.

ZHANG, S., CHENG, T.E., & CARRETERO, J.A. **A comparative study on picking system performances:** Picking-by-light versus picking-by-voice. Applied Sciences, 10(17), 5981, 2020.