



Victor Mateus Perinazzo

**PROPOSTA DE MELHORIA DE LAYOUT EM UMA INDÚSTRIA DE ESQUADRIAS
DE ALUMÍNIO PARA A OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS**

Horizontina - RS

2025

Victor Mateus Perinazzo

**PROPOSTA DE MELHORIA DE LAYOUT EM UMA INDÚSTRIA DE ESQUADRIAS
DE ALUMÍNIO PARA A OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS**

Trabalho Final de Curso apresentado como
requisito parcial para a obtenção do título de
bacharel em Engenharia Mecânica na Faculdade
Horizontina, sob a orientação da Profa. Ma. Eliane
Garlet.

Horizontina - RS

2025

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

**“Proposta de melhoria de *layout* em uma indústria de esquadrias de alumínio
para a otimização de processos produtivos”**

Elaborada por:

Victor Mateus Perinazzo

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

Aprovado em: 08/12/2025

Pela Comissão Examinadora

Mestra. Eliane Garlet

Presidente da Comissão Examinadora - Orientadora

Mestra. Francine Centenaro Gomes

FAHOR – Faculdade Horizontina

Doutor. Geovane Webler

FAHOR – Faculdade Horizontina

Horizontina - RS

2025

Dedico este trabalho a minha família, que sempre me mostrou o caminho correto, me incentivou e me deu muito amor. Ao meu pai, que me deu a faca; à minha mãe, que me deu o queijo; e ao meu irmão, que me ensinou a cortar. Também à minha namorada e à minha cunhada, pelo carinho e pela paciência em cada etapa desta jornada.

Gostaria de deixar um agradecimento especial a minha Mãe, minha estrelinha, que sempre foi minha base em toda e qualquer decisão. A mulher que mais amo e respeito nessa vida.

"Só sente saudade quem ama, e só deixa saudade
quem foi amor."
(Santo Agostinho)

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma proposta de melhoria de *layout* em uma indústria de esquadrias de alumínio, com o objetivo de otimizar os processos produtivos da empresa. O estudo foi desenvolvido na empresa Amplial Esquadrias e Vidros LTDA, localizada na cidade de Horizontina/RS, que atua na fabricação de portas e janelas sob medida. Diante disso, buscou-se responder ao seguinte problema de pesquisa: O quanto a implementação de um novo *layout* pode contribuir para a eficiência produtiva da empresa, reduzindo movimentações desnecessárias, e otimizando o fluxo de materiais? O trabalho se justifica por apresentar uma proposta que contribua na disposição adequada dos setores produtivos, reduzindo movimentações desnecessárias, tempo de produção e desperdícios. A metodologia empregada foi o estudo de caso ao propor melhorias no arranjo físico. Como método de abordagem utilizou-se dos métodos hipotético dedutivo e abordagem qual-quantitativa. Os objetivos se caracterizam como descritivos e exploratórios. Os dados foram coletados a partir de pesquisa bibliográfica, observações e entrevistas não estruturadas. Inicialmente, foi realizada a análise do fluxo produtivo, permitindo identificar deslocamentos excessivos, cruzamento de fluxos e falta de padronização nos postos de trabalho. A partir disso, elaborou-se uma proposta de reorganização do *layout*, priorizando a integração das áreas de corte, usinagem e montagem, a criação de um fluxo organizado e a implantação de novos equipamentos, como carros de aproximação e bancadas padronizadas. Foi projetada uma área específica para inspeção e limpeza final, para garantir maior controle de qualidade nas etapas finais do processo. Em seguida, a comparação entre os cenários atual e proposto evidenciou melhorias significativas, incluindo a redução de aproximadamente 122 metros no deslocamento médio para janelas de correr e 92 metros para portas de giro, além da diminuição do tempo total de fabricação. Esses indicadores demonstram que a proposta contribuiu para eliminar desperdícios de movimentação e transporte, resultando em um fluxo produtivo mais eficiente e organizado. Por fim, os resultados obtidos permitem concluir que a reorganização do *layout* representa uma estratégia eficaz para o aumento da eficiência produtiva, redução de perdas e fortalecimento da competitividade no setor de esquadrias de alumínio.

Palavras-chave: *Layout Industrial. Eficiência Produtiva. Indústria de Esquadrias de Alumínio.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - <i>Layout</i> por produto	15
Figura 2 - <i>Layout</i> por processos	16
Figura 3 - <i>Layout</i> celular	17
Figura 4 - <i>Layout</i> posicional	18
Figura 5 - <i>Layout</i> híbrido	19
Figura 6 - Diagrama de Espaguete	21
Figura 7 - Fluxograma das etapas das atividades	33
Figura 8 - Fachada da empresa	36
Figura 9 - Fluxograma das etapas das atividades	37
Figura 10 - Porta de Giro	38
Figura 11 - Janela de Correr de 2 Folhas	39
Figura 12 - Mapofluxograma de produção	43
Figura 13 - Diagrama de espaguete para portas de giro	44
Figura 14 - Diagrama de espaguete para janelas de correr	45
Figura 15 - Bancadas de trabalho atuais	48
Figura 16 - Novo <i>Layout</i> Fabril	50
Figura 17 - Carro de Aproximação	52
Figura 18 - Nova Bancada de Trabalho	53
Figura 19 - Novo mapofluxograma de produção	55
Figura 20 - Novo diagrama de espaguete para produção	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação de desperdícios por sua relevância.....	28
Quadro 2 - Tempos e distâncias de movimentação para Portas de Giro.....	40
Quadro 3 - Tempos e distâncias de movimentação para Portas de Giro.....	40
Quadro 4 - Desperdícios identificados no processo produtivo	46
Quadro 5 - Comparativo de produção entre o <i>layout</i> atual e o proposto em janelas de correr	57
Quadro 6 - Comparativo de produção entre o <i>layout</i> atual e o proposto em portas de giro.....	57
Quadro 7 - Relação de melhorias a serem implementadas com o novo layout	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 TEMA	11
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	11
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.4 HIPÓTESES.....	11
1.5 JUSTIFICATIVA.....	12
1.6 OBJETIVOS	13
1.6.1 <i>Objetivo geral</i>	13
1.6.2 <i>Objetivos específicos</i>	13
2 REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 <i>LAYOUT INDUSTRIAL</i>	14
2.1.1 <i>Tipos de layout</i>	14
2.1.1.1 <i>Layout por produto (ou linha de produção)</i>	15
2.1.1.2 <i>Layout por processo (ou funcional)</i>	16
2.1.1.3 <i>Layout celular</i>	17
2.1.1.4 <i>Layout posicional (ou fixo)</i>	18
2.1.1.5 <i>Layout misto (ou híbrido)</i>	19
2.2 MAPOFLUXOGRAMA.....	19
2.3 DIAGRAMA DE ESPAGUETE	20
2.4 IMPACTO DO <i>LAYOUT</i> NA EFICIÊNCIA OPERACIONAL.....	22
2.5 ANÁLISE DE GARGALOS	23
2.6 METODOLOGIAS PARA REORGANIZAÇÃO DE <i>LAYOUT</i>	24
2.7 MANUFATURA ENXUTA	24
2.8 DESAFIOS DA INDÚSTRIA DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO	27
3 METODOLOGIA.....	30
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	30
3.1.1 <i>Métodos de Abordagem</i>	30
3.1.2 <i>Objetivos de pesquisa</i>	31
3.1.3 <i>Método de Procedimento técnico</i>	31
3.1.4 <i>Técnicas de coleta de dados</i>	32
3.1.5 <i>Técnicas de análise de dados</i>	34
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	35
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	35
4.2 PROCESSOS PRODUTIVOS DA EMPRESA.....	36
4.3 <i>LAYOUT</i> PRODUTIVO ATUAL.....	37
4.4 IDENTIFICAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS DO <i>LAYOUT</i> ATUAL	46
4.5 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DE NOVO <i>LAYOUT</i>	48
4.5.1 <i>Principais mudanças propostas na área fabril</i>	51
4.5.2 <i>Melhoria e Aquisição de Equipamentos</i>	52
4.6 NOVO MAPOFLUXOGRAMA	53
4.7 COMPARATIVO DE RESULTADOS ENTRE O <i>LAYOUT</i> ATUAL E O PROPOSTO	57
4.8 IDENTIFICAÇÃO DAS MELHORIAS OBTIDAS COM A PROPOSTA.....	58
CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

A indústria de esquadrias de alumínio está se destacando cada vez mais no fornecimento de componentes para a construção civil, devido à durabilidade e estética de seus produtos. Com esse destaque, cada vez surgem mais indústrias nesse segmento, que buscam competitividade com as demais. Para se manter competitivo, é essencial assegurar qualidade e produtividade tanto na fabricação quanto na instalação do produto. Assim, o *layout* da indústria se torna uma ferramenta que auxilia para otimizar o fluxo produtivo, melhorar o desempenho da produção e aumentar a qualidade do produto.

Um *layout* ineficiente representa um desafio na produção de esquadrias de alumínio, afetando diretamente o desempenho da indústria. De acordo com Guimarães e Queiroz (2021), a ineficiência de um *layout* pode gerar gargalos no processo produtivo, e também afetar a lucratividade de uma empresa. Além disso, se ele for inadequado pode comprometer a qualidade das esquadrias de alumínio, pois, por serem produtos personalizados, para acabamento na construção civil, exigem alto padrão de fabricação. Conforme Vieira e Cenci (2019), um arranjo físico adequado reduz as distâncias percorridas por produtos, materiais e operadores dentro da fábrica, promovendo maior eficiência e qualidade na produção.

A empresa estudada atua na fabricação de esquadrias de alumínio e vidros sob medida. Com o crescimento da demanda, a empresa tem enfrentado limitações em seu *layout* produtivo, o que resulta em deslocamentos excessivos, gargalos no processo e dificuldades na organização do fluxo de materiais. Essas condições impactam diretamente na eficiência operacional, comprometendo os prazos de entrega e a qualidade final do produto.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma proposta de melhoria do *layout* para otimização dos processos produtivos de uma empresa de esquadrias de alumínio. O estudo se justifica pela necessidade de melhorar o arranjo físico, de modo a otimizar o fluxo de materiais, reduzir o tempo de produção e elevar a eficiência operacional da empresa.

1.1 TEMA

O tema do presente estudo foi o desenvolvimento de uma proposta de *layout* para otimizar os processos produtivos de uma empresa de esquadrias alumínio de pequeno porte.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O estudo se delimita na elaboração de uma proposta de melhoria de *layout* em uma indústria de esquadrias de alumínio localizada na cidade de Horizontina, no estado do Rio Grande do Sul, visando a otimização dos processos produtivos. Para isso, foram analisadas as operações e os recursos disponíveis, com o propósito de identificar oportunidades de reorganização do espaço produtivo e propor alternativas que favoreçam maior eficiência no fluxo de trabalho.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

O arranjo físico atual da indústria analisada apresenta algumas limitações que impactam na eficiência produtiva. A disposição de alguns materiais e setores provoca movimentações excessivas de materiais e colaboradores, aumentando o tempo de produção. Também há acúmulo de materiais em algumas áreas, o que dificulta a organização do espaço. Isso também contribui para a ocorrência de retrabalhos e para a falta de padronização no processo produtivo, muitas vezes causados pelo manuseio inadequado de peças e pela dificuldade em manter a sequência correta do processo. Além disso, a falta de padronização compromete a uniformidade do produto final e dificulta o cumprimento de prazos estabelecidos.

Diante desse cenário, definiu-se o seguinte problema de pesquisa que norteou este trabalho: O quanto a implementação de um novo *layout* pode contribuir para a eficiência produtiva da empresa, reduzindo movimentações desnecessárias e otimizando o fluxo de materiais?

1.4 HIPÓTESES

Considerando o problema de pesquisa e os objetivos propostos, apresentam-se as seguintes hipóteses para o desenvolvimento deste trabalho:

- A reorganização do layout da indústria de esquadrias de alumínio poderá proporcionar melhor aproveitamento do espaço físico, com potencial para reduzir deslocamentos desnecessários e tender a aumentar a eficiência produtiva;
- A reorganização do layout poderá contribuir para maior padronização dos processos, com expectativa de melhoria na qualidade das esquadrias, reduzindo a ocorrência de retrabalhos e falhas ao longo do processo produtivo.

1.5 JUSTIFICATIVA

A crescente demanda por componentes de alta durabilidade e estética na construção civil tem impulsionado o crescimento da indústria de esquadrias de alumínio. Atualmente, as esquadrias de alumínio representam cerca de 20% do volume total de esquadrias produzidas no Brasil, consolidando-se como uma opção relevante no mercado devido à sua versatilidade e resistência (Afeal, 2024).

Para manter sua competitividade, essa indústria exige melhorias constantes em seu processo produtivo, buscando otimizar a eficiência operacional e reduzir custos. Nesse contexto, o *layout* adequado de um ambiente fabril pode impactar diretamente a eficiência produtiva, no fluxo de trabalho e na qualidade da produção de uma indústria. De acordo com Gerlach (2013), o *layout* de uma indústria desempenha um papel fundamental no sistema de produção, influenciando a forma como pessoas, materiais e produtos fluem dentro de um processo.

Apesar do reconhecimento da importância do arranjo físico, diversas indústrias ainda enfrentam dificuldades em sua implementação. A disposição inadequada dos setores produtivos pode resultar em movimentações desnecessárias, aumentando o tempo de produção e gerando desperdícios. No contexto da indústria de esquadrias de alumínio, uma distribuição mal planejada pode causar gargalos na produção, dificultar a organização do fluxo de materiais e comprometer a qualidade final do produto.

Entretanto, na empresa Amplia Esquadrias e Vidros LTDA, objeto deste estudo, o *layout* produtivo foi desenvolvido acompanhando o crescimento da demanda, sem a aplicação de critérios técnicos formais de planejamento industrial. Essa condição resulta em movimentações desnecessárias, cruzamento de fluxos,

falta de padronização nos postos de trabalho e dificuldades no controle das etapas do processo produtivo. Diante desse contexto, justifica-se a realização deste trabalho por propor a análise do arranjo físico existente e o desenvolvimento de uma proposta de reorganização do *layout*, adequada às características da empresa, com o objetivo de otimizar o fluxo de materiais, reduzir desperdícios e contribuir para a melhoria da eficiência produtiva e da qualidade das esquadrias fabricadas.

1.6 OBJETIVOS

Diante do exposto foram elaborados o objetivo geral e os objetivos específicos que nortearam este estudo.

1.6.1 Objetivo geral

Desenvolver uma proposta de melhoria de *layout* com foco na otimização dos processos produtivos de uma empresa de esquadrias de alumínio.

1.6.2 Objetivos específicos

Para que o objetivo geral fosse atingido, foram listados os seguintes objetivos específicos:

- Mapear os processos produtivos atuais da indústria;
- Analisar o *layout* atual da área produtiva;
- Identificar os principais desperdícios nos processos produtivos;
- Identificar o tipo de *layout* mais adequado à realidade da empresa, considerando o fluxo produtivo e as características dos processos;
- Elaborar um mapofluxograma representando a nova proposta de *layout*;
- Avaliar os impactos esperados com a implementação do novo arranjo físico.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos relacionados ao *layout* industrial e sua influência na eficiência dos processos produtivos. São abordados os tipos de *layout*, aplicações e impactos no desempenho operacional, bem como os métodos de análise e reorganização dos mesmos. Também são abordados os métodos que foram considerados para propor melhorias, os desafios específicos da indústria de esquadrias de alumínio e os efeitos dessas mudanças na produtividade, qualidade e redução de desperdícios. Esses fundamentos serviram de base para a proposta de otimização do *layout* na empresa estudada.

2.1 LAYOUT INDUSTRIAL

O planejamento de *layout* industrial exerce influência direta na produtividade e, por consequência, na lucratividade das empresas, já que o setor produtivo é quem sustenta a parte financeira da organização (Guimarães; Queiroz, 2021). Os autores também citam que quando as máquinas, departamentos e processos são organizados de forma adequada, as demais áreas tendem a se ajustar naturalmente, gerando resultados positivos. Sendo assim, o planejamento de *layout* surge como uma forma de estruturar um arranjo físico eficiente, atendendo às necessidades da empresa e contribuindo não apenas para o crescimento financeiro, mas também para a melhoria da qualidade e do bem-estar dos colaboradores.

Segundo Neumann e Scalice (2015), o estudo do *layout* envolve dois aspectos principais: econômico e científico. Os autores mencionam que economicamente, um *layout* eficiente pode reduzir custos de produção, sendo que o constante investimento em novas áreas produtivas e a evolução tecnológica exigem um replanejamento contínuo do *layout*, essencial para manter a competitividade. Também comentam que o *layout* de uma empresa resulta de decisões sobre produtos, processos e recursos, frequentemente envolvendo ajustes em processos ou arranjos de equipamentos.

2.1.1 Tipos de *layout*

O estudo dos tipos de *layout* industrial é fundamental para compreender de que forma a organização física da fábrica influencia o desempenho dos processos produtivos. A definição adequada do arranjo de máquinas, equipamentos e setores permite estruturar um fluxo de trabalho mais eficiente, reduzir movimentações

desnecessárias e melhorar o aproveitamento do espaço fabril. Além disso, o *layout* impacta diretamente na produtividade e na capacidade da empresa em responder às demandas do mercado, tornando-se um elemento estratégico para a competitividade (Neumann; Scalice, 2015).

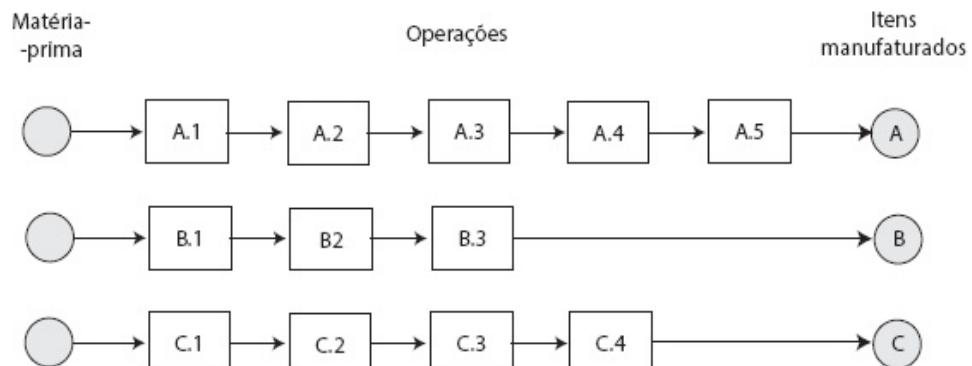
A escolha do *layout* depende da diversificação de produtos, processos e volumes de produção, sendo essencial para reduzir custos e aumentar a produtividade (Cassel, 2019). Existem diferentes tipos de *layouts*, como o por produto, por processo, celular e posicional, cada um adequado a operações específicas (Oliveira Filho, 2024).

2.1.1.1 *Layout* por produto (ou linha de produção)

O *layout* por produto, também conhecido como *layout* em linha, organiza as máquinas e processos de forma sequencial, permitindo que os materiais sigam uma linha contínua durante a produção (Cassel, 2019). Esse arranjo é frequentemente utilizado em operações de grande volume, caracterizando-se pela disposição dos recursos conforme a sequência das operações necessárias para produzir um item específico (Oliveira Filho, 2024).

Segundo Abreu (2017), esse modelo facilita o monitoramento devido à clareza do fluxo e à possibilidade de cálculo, sendo que sua principal vantagem é a uniformidade do que é solicitado, sendo adequado também para operações de serviço quando há uma ordenação comum conforme as necessidades do processo. A escolha do *layout* por produto depende de aspectos como o tempo de ciclo, número de estágios da operação e o arranjo desses estágios, que podem variar entre configurações mais longas e estreitas ou curtas e amplas (Neumann; Scalice, 2015). Pode-se observar na Figura 1 o exemplo de um *Layout* por Produto.

Figura 1 - *Layout* por produto



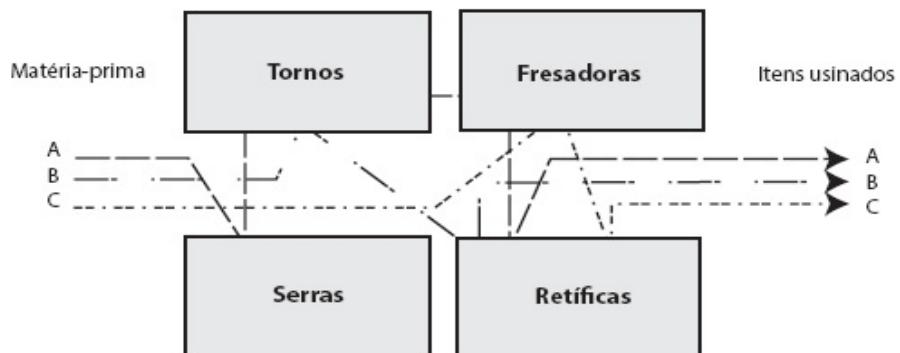
Fonte: Neumann e Scalice (2015, p.469).

Segundo Cassel (2019), entre as vantagens do *layout*, destacam-se a redução de custos com mão de obra, a facilitação do treinamento dos operadores e a melhoria na ocupação da área de produção. O autor também apresenta as desvantagens, como alto custo inicial e fixo, vulnerabilidade na linha de produção e dificuldades na supervisão e flexibilidade. Embora os custos fixos sejam mais baixos, os custos unitários de matéria-prima e mão de obra podem ser mais elevados (Moreira, 2002).

2.1.1.2 *Layout* por processo (ou funcional)

O *layout* por processo, também conhecido como funcional, é organizado no mesmo espaço devido à similaridade entre os equipamentos e operações, reunindo-os em um único local (Abreu, 2017). O objetivo desse tipo de *layout* é minimizar as distâncias percorridas durante o processo produtivo, agrupando recursos semelhantes em operações específicas (Neumann; Scalice, 2015). Esse arranjo facilita a movimentação de materiais e permite um melhor aproveitamento do espaço, como pode-se observar na Figura 2.

Figura 2 - *Layout* por processos



Fonte: Neumann e Scalice (2015, p.476).

De acordo com Oliveira Filho (2024), o *layout* por processo é mais comum em operações que produzem uma variedade de produtos em pequenas quantidades. O autor destaca que esse tipo de *layout* tende a apresentar menor variabilidade nos custos de produção, especialmente em operações de menor escala, o que o torna uma opção viável para empresas com menor demanda de produção.

Segundo Cassel (2019), entre as vantagens desse tipo de *layout*, destacam-se o menor investimento inicial, a grande flexibilidade nos meios de produção e a efetiva supervisão das operações. Também existem desvantagens, como a maior área necessária, a complexidade do planejamento e controle da produção, e o maior tempo

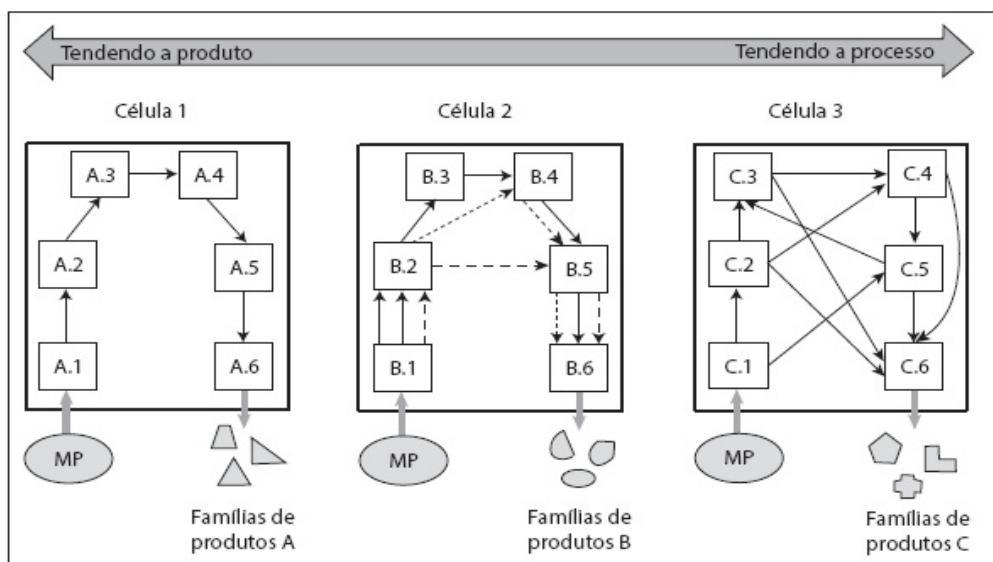
de produção. Além disso, ele requer um maior manuseio de materiais e uma frequência maior de inspeção. O mesmo pode ser caracterizado por uma disposição retangular com linhas paralelas, utilizado para direcionar o fluxo pelos corredores principais (Silva; Baraldi, 2021).

2.1.1.3 *Layout celular*

Em um *layout* celular, os recursos a serem transformados são previamente selecionados para seguir para uma parte específica da operação, onde todos os recursos necessários para atender às suas necessidades imediatas de processamento estão localizados (Gerlach, 2013). A célula de fabricação é caracterizada pela disposição de maquinários em um único local, onde o material se movimenta de forma linear, seguindo a sequência de procedimentos necessários para produzir o produto completo (Cassel, 2019).

O *layout* celular combina os *layouts* por processo e por produto (Figura 3), organizando máquinas em células responsáveis por partes do processo de produção, oferecendo flexibilidade e eficiência, mas podendo apresentar variações na qualidade em células com alta rotatividade de produtos (Oliveira Filho, 2024). De acordo com Neumann e Scalice (2015), eles são usados em empresas com média variedade e volume de produção, agrupando produtos semelhantes em células dedicadas, oferecendo flexibilidade, alta qualidade, e produtividade, além de reduzir transporte e estoques, aumentando a responsabilidade e satisfação no trabalho.

Figura 3 - *Layout* celular



Fonte: Neumann; Scalice (2015, p.481).

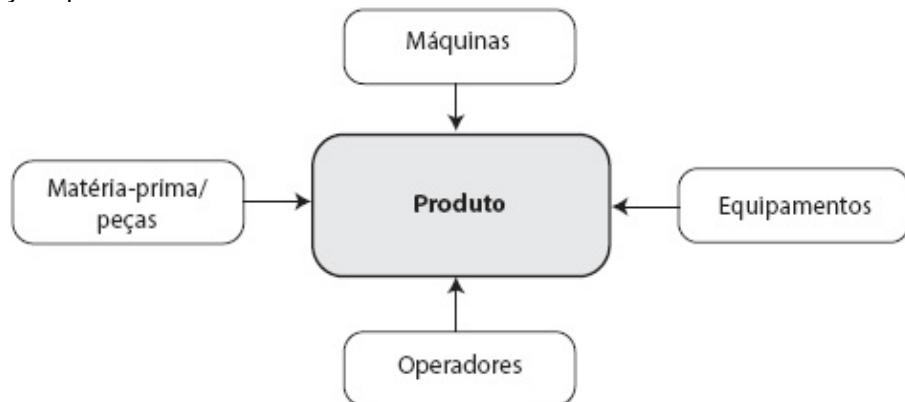
A Figura 3 representa um *layout* celular, que pode ser uma alternativa interessante para indústrias, já que permite organizar os processos de maneira mais ágil e reduzir movimentações desnecessárias (Neumann e Scalice, 2015).

2.1.1.4 *Layout* posicional (ou fixo)

De acordo com Neumann e Scalice (2015) o *layout* posicional, ou *layout* fixo, é empregado para a produção de produtos de grandes dimensões e baixa mobilidade, como navios, maquinários de grande porte e em alguns serviços, como hospitais. Nesse arranjo, o produto permanece fixo e os recursos materiais e humanos se organizam ao seu redor, com o objetivo de otimizar a localização dos centros de recursos, reduzindo custos de manuseio de materiais e maximizando a eficiência no uso do espaço.

Para Oliveira Filho (2024), esse tipo de organização é utilizado em etapas específicas do processo produtivo, como acabamento, integração de camadas ou aplicação de revestimentos especializados, além de testes de qualidade e ajustes finais. Também conclui que embora permita maior flexibilidade em produtos de alto valor agregado, o *layout* posicional resulta em custos mais elevados devido à movimentação frequente de máquinas, aumentando o consumo de energia e o tempo de inatividade. A Figura 4 representa um *layout* posicional.

Figura 4 - *Layout* posicional



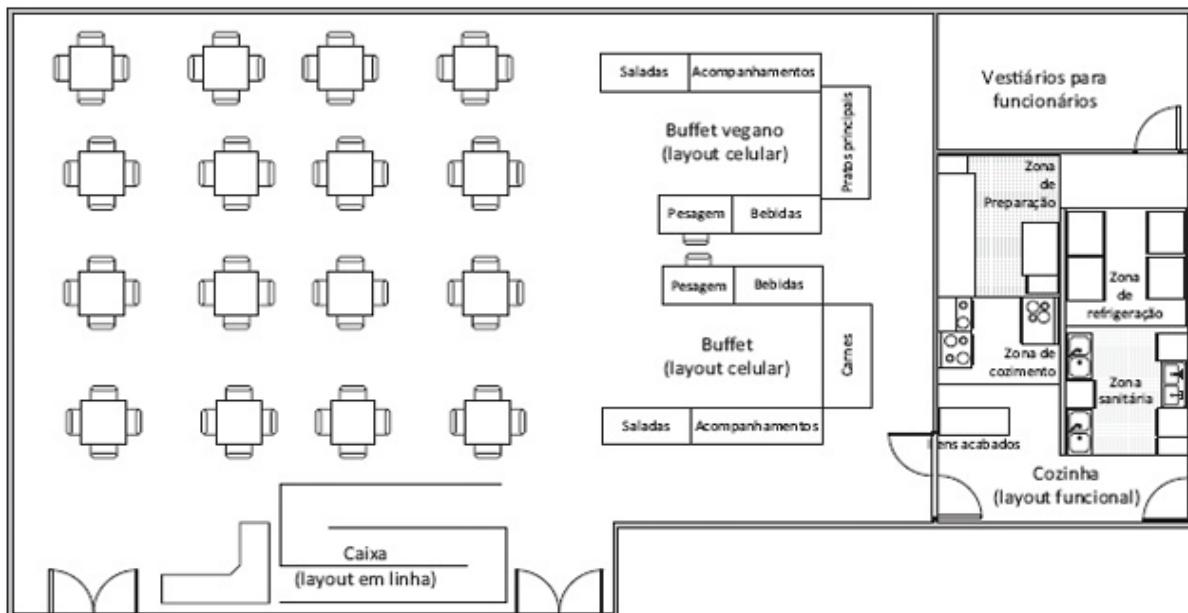
Fonte: Neumann; Scalice (2015, p.465).

O *layout* fixo se mostra adequado para situações em que o produto não pode ser deslocado, garantindo melhor aproveitamento dos recursos disponíveis e maior eficiência na execução de tarefas em projetos de grandes dimensões (Neumann; Scalice, 2015).

2.1.1.5 Layout misto (ou híbrido)

O *Layout* misto ou híbrido, é a combinação de alguns ou todos os tipos de arranjos físicos, sendo que algumas empresas podem utilizar esse tipo de organização de acordo com suas operações (Abreu, 2017). Para Neumann e Scalice (2015) ele combina diferentes tipos de *layouts* clássicos para atender à alta variedade de volumes em um mix de produção. Devido às mudanças constantes nas demandas do mercado, muitas empresas optam por soluções que mesclam os tipos de *layout*, considerando as necessidades específicas de cada setor, como volume de produção e finalidade. A Figura 5 representa um restaurante que se utilizou dos *layouts* por produto, por processo e celular.

Figura 5 - *Layout* híbrido



Fonte: Neumann; Scalice (2015, p.485).

O *layout* híbrido reúne as vantagens dos diferentes modelos de arranjo físico, permitindo maior flexibilidade e adaptação às necessidades da produção (Neumann; Scalice, 2015).

2.2 MAPOFLUXOGRAMA

O mapofluxograma é uma ferramenta utilizada para representar de forma gráfica e sequencial os movimentos de materiais, operadores e equipamentos dentro de um arranjo físico (Neumann; Scalice, 2015). Os autores ainda citam que por meio

dele, é possível obter uma visão do processo produtivo, evidenciando as operações e os deslocamentos necessários para a execução de cada atividade. Segundo Barnes (1982), o mapofluxograma apresenta uma visão clara e ordenada do processo, auxiliando na garantia do processamento correto e da segurança na realização das operações.

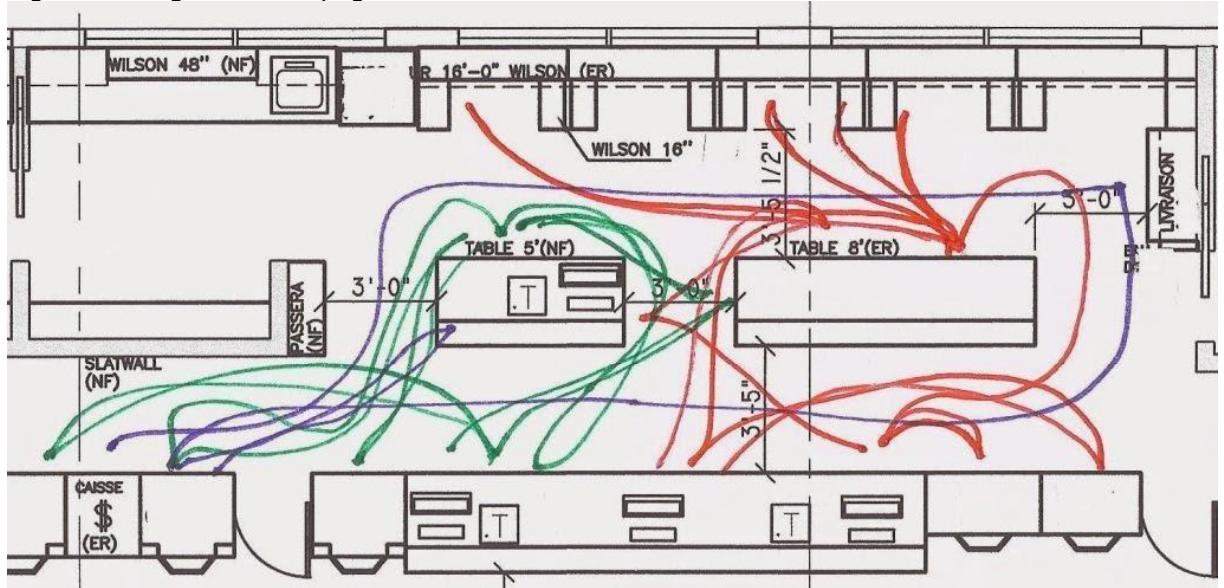
De acordo com Barnes (1977), o gráfico do fluxo do processo configura-se como uma técnica para registro das atividades de forma sintética, permitindo compreender sua dinâmica e possibilitando a identificação de melhorias futuras. Nascimento (2014), em seus estudos, reforça a importância do mapeamento de processos como forma de ampliar a visualização das atividades envolvidas, além de associá-lo a procedimentos operacionais padrão e ao estudo de tempos e movimentos, elementos que viabilizam a mensuração do desempenho e a busca pela eficiência produtiva.

2.3 DIAGRAMA DE ESPAGUETE

Diversos autores destacam que o Diagrama de Espaguete constitui uma das ferramentas mais eficientes do Lean Manufacturing para identificar desperdícios relacionados às movimentações desnecessárias dentro do ambiente produtivo. Essa ferramenta representa graficamente, por meio de linhas contínuas em planta baixa, todos os trajetos percorridos por operadores, materiais ou produtos durante a execução das atividades, permitindo visualizar claramente curvas, desvios, cruzamentos e deslocamentos excessivos (Coutinho, 2020).

Segundo Coutinho (2020) a partir dessa representação visual, torna-se possível analisar o nível de eficiência do processo, uma vez que trajetos longos e linhas sobrepostas indicam perda de tempo, aumento de esforço físico, riscos ergonômicos e quebra de fluxo, como exemplificado na Figura 6.

Figura 6 - Diagrama de Espaguete



Fonte: Coutinho (2020).

De acordo com Benevides (2013) a análise do Diagrama de Espaguete também permite identificar fontes de problemas relacionadas às distâncias percorridas e ao tempo despendido nos deslocamentos durante o processo produtivo. Segundo o autor, essa avaliação possibilita propor melhorias tanto no fluxo das atividades quanto no layout, contribuindo para a otimização e maximização da eficiência operacional.

De acordo com Deguirmendjian (2016) para elaborar um diagrama de espaguete, é necessário:

- Definir o *layout* que será analisado e otimizado;
- Representar a planta desse *layout* em desenho fiel às suas características reais;
- Registrar os trajetos percorridos e os tempos gastos por colaboradores, produtos ou clientes ao longo do processo, de modo a representar todo o fluxo existente;
- Avaliar cuidadosamente os percursos e os tempos anotados, identificando movimentos desnecessários e oportunidades de melhoria;
- Sugerir um novo *layout* e uma reorganização do processo que reduzam desperdícios de movimentação, sem causar prejuízos aos trabalhadores.

2.4 IMPACTO DO LAYOUT NA EFICIÊNCIA OPERACIONAL

A análise de métodos aplicados ao estudo de *layout* em pequenas indústrias demonstra que o arranjo físico exerce influência significativa sobre a eficiência operacional (Abreu, 2017). A aplicação de ferramentas de otimização de processos contribui para a redução de desperdícios e a melhoria da eficiência operacional nas linhas de montagem (Guimarães; Queiroz, 2021). Além disso, Bonato, Zimmer e Pereira Jr. (2019) apontam que a reestruturação do *layout* da linha de montagem tem impacto na eficiência operacional e na redução de custos.

Cabe destacar que ajustar regularmente os *layouts* de produção é importante para garantir que as operações acompanhem as mudanças no mercado e mantenham a eficiência operacional. A reestruturação do *layout* é uma estratégia importante para eliminar gargalos nas operações de manufatura, o que contribui para a melhoria do fluxo de trabalho e, por consequência, a eficiência operacional (Silva, 2009). Sobre a relação entre a organização do espaço físico e a eficiência operacional, pode-se afirmar que um *layout* planejado pode contribuir para a redução de custos e melhorar os lucros de uma empresa (Faustino; Roque; Leal, 2024).

2.4.1 Impactos na produtividade

A mudança de *layout* tem um impacto positivo na produtividade das empresas, por meio da redução do tempo de *setup*, aproximação dos postos de trabalho e eliminação de movimentações desnecessárias (Silva, 2009). Para Guimarães e Queiroz (2021) o planejamento de *layout* exerce uma forte influência na produtividade e, por consequência, no lucro de uma empresa. Complementam que isso ocorre porque o setor produtivo é responsável por impulsionar a parte financeira e garantir o funcionamento adequado da organização. Eles sugerem que, ao estruturar adequadamente a área de produção, incluindo o posicionamento de máquinas, departamentos e processos, outras áreas da empresa tendem a se ajustar de forma natural, resultando em melhorias no desempenho global da empresa.

A reorganização das máquinas e a eliminação de fluxos desordenados aumentam a produtividade, reduzem custos e melhoram a satisfação dos trabalhadores, enquanto a disposição inadequada do maquinário dificulta o transporte de matéria-prima e a operação das máquinas (Fiedler *et al.*, 2009).

2.4.2 Impacto na Qualidade

O planejamento sistemático de *layout* é um modelo que engloba métodos para implantar um *layout* eficiente, atendendo às necessidades da empresa e promovendo o crescimento não apenas financeiro, mas também na qualidade do produto/serviço, organização do ambiente físico e bem-estar dos colaboradores (Guimarães; Queiroz, 2021). De acordo com Vieira e Cenci (2019) a implantação de um *layout* adequado resulta em melhorias no fluxo produtivo, com redução na movimentação dos produtos, diminuindo as distâncias percorridas e o *lead time* de produção. Isso contribui para o aumento da qualidade do produto, já que a menor movimentação interna reduz o risco de danos e melhora a organização fabril.

A reorganização do *layout* fabril, quando alinhada a princípios da produção enxuta, contribui não apenas para a redução de perdas e desperdícios, mas também para o aprimoramento da qualidade final do produto. Ao minimizar movimentações desnecessárias, melhorar a visibilidade e o controle do fluxo de produção, o *layout* adequado é importante para a diminuição de defeitos e retrabalhos (Gerlach, 2013).

2.5 ANÁLISE DE GARGALOS

Um arranjo físico mal planejado pode criar gargalos que prejudicam a produtividade e geram custos extras dentro de um processo produtivo. O *layout* de uma fábrica influencia a capacidade da empresa de atender às demandas de mercado de forma econômica e sustentável (Oliveira Filho, 2024). Ele se torna uma estratégia empresarial integral que afeta a produtividade, qualidade e sustentabilidade operacional (Santos *et al.*, 2024).

Para Berger (2023), um dos principais gargalos da operação é a movimentação excessiva, que é causada pela disposição inadequada das máquinas e equipamentos e pela estrutura fabril, sendo que a falta de espaço fabril limita diretamente o desempenho produtivo da empresa. O autor também destaca que a falta de controle de estoque efetivo e o gerenciamento insuficiente dos tempos de produção impactam negativamente a qualidade do produto final e reduzem a eficiência do processo produtivo.

A organização inadequada do *layout* pode reduzir a produtividade e criar riscos à saúde e a segurança de funcionários (Lima, 2016). As movimentações desnecessárias, originadas pela má organização e pelo *layout* do posto de trabalho

geram ineficiência, comprometendo a produtividade no processo produtivo (Abreu, 2002). Da mesma forma, segundo Faustino, Roque e Leal (2024), o arranjo físico inadequado de determinado processo aumenta o tempo de reposição, assim reduzindo a produtividade e diminuindo o tempo disponível para o atendimento ao cliente.

2.6 METODOLOGIAS PARA REORGANIZAÇÃO DE LAYOUT

O *layout* exerce influência direta na eficiência produtiva e na qualidade do processo. Para que os ajustes sejam implementados de forma correta, é necessário adotar metodologias específicas que orientem a reorganização do espaço fabril (Guimarães; Queiroz, 2021). Entre as principais ferramentas utilizadas, destacam-se o estudo de tempos e movimentos e o método de planejamento de *layout*, que fornecem diretrizes práticas para a análise e a melhoria do arranjo físico. Os mesmos são caracterizados:

- Estudo de Tempos e Movimentos: Segundo Corrêa e Corrêa (2017), o estudo de tempo é um método que visa estabelecer um tempo padrão para as tarefas, utilizando a cronometragem do operador. Ele segue cinco passos: (a) definir a tarefa; (b) dividir a tarefa; (c) cronometrar os elementos; (d) determinar a amostra e (e) estabelecer os padrões. O autor destaca que o estudo de tempo aumenta a produtividade, reduz os tempos de produção e contribui para ganhos de qualidade no processo;
- Método de Planejamento de *Layout*: Para Oliveira Filho (2024), um *layout* bem planejado é crucial para melhorar a eficiência produtiva, pois afeta a velocidade de produção, uso de recursos e qualidade do produto, assim contribuindo para reduzir o tempo de transporte de materiais, diminuir o tempo de espera entre operações e melhorar o fluxo de informações entre setores. O autor destaca que a eficiência operacional pode ser avaliada por parâmetros como tempo de produção, taxa de utilização de recursos e qualidade dos produtos, otimizando a produção e recursos.

2.7 MANUFATURA ENXUTA

A manufatura enxuta, originada a partir do Sistema Toyota de Produção, tem se mostrado um importante instrumento para melhorar o desempenho operacional das

organizações. A aplicação dos princípios da manufatura enxuta influencia positivamente o desempenho operacional das empresas, podendo variar conforme o nível de maturidade das práticas implantadas (Jabbour et. al., 2013). O autor destaca que variáveis como melhoria contínua e o uso de ferramentas como *Kanban* e *Just in Time* exercem papel relevante na eficiência produtiva e no cumprimento de prazos, reforçando a importância da flexibilidade e da capacidade de resposta às demandas dos clientes.

Nesse mesmo sentido, Duran e Batocchio (2003) enfatiza que as ferramentas associadas à manufatura enxuta surgem como resposta às dificuldades enfrentadas por empresas em processos de reestruturação produtiva, especialmente diante da ausência de métodos estruturados de análise e avaliação. O autor observa que os princípios fundamentais da manufatura enxuta, como a redução de desperdícios, a integração entre fornecedores e clientes e a multifuncionalidade dos trabalhadores, estão diretamente relacionados à busca pela excelência operacional. Tais práticas permitem o encurtamento dos ciclos produtivos e a criação de sistemas de medição de desempenho capazes de motivar e alinhar toda a organização aos objetivos de melhoria contínua.

Para Filho, Campos e Assumpção (2016) e Walter e Tubino (2013), a manufatura enxuta deve ser compreendida como uma estratégia de competitividade e aprimoramento organizacional de longo prazo. Filho, Campos e Assumpção (2016) relacionam os conceitos de manufatura enxuta à filosofia da *World Class Manufacturing*, destacando que ambas buscam desempenho superior e a integração das melhores práticas de produção em todas as áreas da empresa. Já Walter e Tubino (2013) reforça que, apesar do avanço das pesquisas, ainda há lacunas na avaliação da implantação da manufatura enxuta, especialmente no que se refere ao monitoramento de resultados e à integração com áreas como logística e gestão da informação.

2.7.1 Tipos de desperdícios

Conforme Ohno (1997), o cenário competitivo do mercado atual exige que as organizações adotem uma gestão eficiente e façam uso racional de seus recursos, seja na produção de bens ou na prestação de serviços. Reduzir desperdícios nos processos torna-se, portanto, um fator essencial para elevar a competitividade e aprimorar a eficiência operacional. Nesse contexto, a aplicação dos princípios da

filosofia *Lean* buscam eliminar ao máximo as perdas e otimizar o desempenho produtivo.

Segundo Coutinho (2020) a Manufatura Enxuta possui oito desperdícios, que são classificados como: estoque, superprocessamento, superprodução, defeito e retrabalho, movimentação excessiva, período de espera, transporte desnecessário e desperdício intelectual. A seguir são destacados os oito desperdícios de acordo com Liker (2005):

- Superprodução: ocorre quando a quantidade produzida excede a demanda real ou é feita antes do momento necessário;
- Espera: se caracteriza pela ociosidade de pessoas, máquinas ou equipamentos, geralmente ocasionada por falhas, quebras, *setups* demorados ou falta de sincronização entre processos;
- Transporte: refere-se à movimentação excessiva de materiais entre etapas do processo. Esse desperdício não agrega valor ao produto, além de aumentar riscos de danos, custos logísticos e atrasos;
- Movimentação excessiva: diz respeito aos deslocamentos desnecessários de colaboradores durante a execução das atividades;
- O processamento desnecessário consiste na execução de operações adicionais ou inadequadas que não agregam valor, como uso de equipamentos incorretos ou procedimentos redundantes;
- Estoque: representa o acúmulo excessivo de matérias-primas, produtos em processo ou acabados;
- Defeitos: Produtos não conformes, ou seja, aqueles que não atendem às especificações do cliente, resultando em retrabalhos, sucatas e aumento do consumo de recursos;
- Intelectual: é a criatividade não aproveitada. Refere-se à falta de utilização das ideias, aptidões e potenciais dos colaboradores.

Para Fontanini (2004), os desperdícios representam atividades que não agregam valor do ponto de vista do cliente, mas que consomem tempo, espaço e recursos no processo produtivo, devendo ser eliminados para tornar o fluxo mais eficiente. Segundo Lazzarotto (2023), os desperdícios mais comuns em fábricas de esquadrias de alumínio estão concentrados nos processos de corte de perfis e vidros,

e na etapa de instalação e acabamento. O que traz a importância de um estudo detalhado do *layout* para reduzir estes desperdícios.

2.8 DESAFIOS DA INDÚSTRIA DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO

As esquadrias de alumínio são produtos compostos por diversos tipos de item, como perfis, vidros, ferragens, guarnições, fitas vedadoras e outras peças de fixação e acabamento (Lazzarotto, 2023). A produção de esquadrias opera sob encomenda do cliente, não tendo produtos a pronta entrega. No segmento de esquadrias sob encomenda, os clientes que determinam as dimensões ideais das esquadrias para a sua construção, podendo também realizar a personalização de acessórios e cores diversas para as esquadrias (Moraes; Ferreira; Silva, 2019).

Segundo Batista (2022), a indústria de esquadrias de alumínio enfrenta desafios relacionados ao conhecimento técnico necessário para garantir a qualidade do produto, sendo que a execução precisa das fases do processo é importante. O autor destaca que a falta de conferência antes e durante a instalação pode gerar erros, principalmente em relação à impermeabilidade das esquadrias, tornando a conferência dos serviços e a padronização dos processos itens fundamentais.

No estudo de Lazzarotto (2023), ele reuniu os colaboradores de determinada indústria de esquadrias de alumínio para que, em consenso, realizassem uma classificação de desperdícios da indústria. Os desperdícios foram elencados e por sua relevância, como pode-se observar no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação de desperdícios por sua relevância

ETAPAS DA FABRICAÇÃO	DESPERDÍCIOS IDENTIFICADOS	TIPO DE DESPERDÍCIO	GRAU DE RELEVÂNCIA
Realização do pedido dos itens ao fornecedor	Contagem do estoque manual	Movimentação	Relevante
	Ineficiência para definir pedido	Processamento	Relevante
	Compra de itens insuficientes	Espera	Relevante
	Compra de materiais em excesso	Superprodução	Relevante
	Compra de itens errados	Espera	Relevante
Armazenamento dos itens recebidos	Danos em perfis no armazenamento	Estoque	Relevante
	Extravio de materiais	Estoque	Relevante
	Armazenamento no local errado	Estoque	Neutro
	Recebimento de perfis inadequados	Estoque	Relevante
Cálculo dos cortes e separação dos perfis	Falta de materiais	Espera	Relevante
	Erro no cálculo dos cortes	Defeitos	Neutro
	Cálculo ineficiente dos cortes	Processamento	Relevante
	Demora para localizar materiais	Espera	Relevante
	Refazer cálculo	Processamento	Neutro
Corte dos perfis e do vidro	Conferir medida de corte no caderno	Processamento	Irrelevante
	Conferir a posição do perfil	Processamento	Irrelevante
	Descarte de retalho	Transporte	Neutro
	Sobras grandes de perfis	Superprodução	Relevante
	Armazenamento das sobras	Transporte	Relevante
	Corte do perfil em dimensão errada	Defeitos	Irrelevante
	Estampagem do perfil incorreta	Defeitos	Irrelevante
Estampagem dos perfis de alumínio	Conferir se o perfil está posicionado	Processamento	Irrelevante
	Estampagem no perfil errado	Defeito	Irrelevante
	Dano em componentes na inserção	Defeitos	Neutro
Inserção dos componentes e acessórios	Novo furo para aumentar encaixe	Processamento	Neutro
	Desbaste da rebarba	Processamento	Neutro
	Dano na pintura da esquadria	Defeitos	Neutro
Montagem dos quadros e da persiana ou veneziana	Novo corte no perfil para ajuste de ângulo	Processamento	Neutro
	Demora para localizar ferramentas	Movimentação	Neutro
	Movimentação para localizar parafusos	Movimentação	Neutro
	Armazenar vidro cortado pequeno	Transporte	Irrelevante
Colocação dos vidros e acabamento	Novo corte em vidro cortado grande	Processamento	Irrelevante
	Descarte do resíduo do vidro	Transporte	Irrelevante
	Quebra do vidro	Defeitos	Irrelevante
	Buscar outro vidro	Movimentação	Irrelevante
	Cortar vidro novamente	Processamento	Irrelevante
	Spray em danos na pintura	Processamento	Irrelevante

Fonte: Adaptado de Lazzarotto (2023).

Os maiores desperdícios estão nos processos de corte dos perfis e do vidro, e na colocação do vidro e acabamento. Lazzarotto (2023) também verificou a concentração do tipo de desperdício, por relevância do desperdício, como pode-se observar na Tabela 1.

Tabela 1 - Tipo de desperdício por relevância do desperdício

Tipo de desperdício	Irrelevante	Neutro	Relevante	Total
Superprodução	0	0	2	2
Espera	0	0	4	4
Transporte	2	1	1	4
Processamento	6	4	2	12
Movimentação	1	2	1	5
Defeitos	4	3	0	7
Estoque	1	1	2	4
Total	14	11	12	38

Fonte: Adaptado de Lazzarotto (2023).

Conforme observado na Tabela 1, o principal desperdício encontrado ao longo do processo produtivo foi o de processamento.

3 METODOLOGIA

A metodologia é caminho adotado para alcançar os objetivos da pesquisa, sendo composta por técnicas e procedimentos que orientam desde a coleta até a análise dos dados. De acordo com Marconi e Lakatos (2003), a metodologia científica reúne os métodos e instrumentos que permitem estruturar o estudo de forma lógica e organizada, garantindo maior confiabilidade aos resultados. Nesse sentido, a definição da metodologia utilizada torna-se essencial para assegurar a coerência entre o problema de pesquisa, os objetivos estabelecidos e as hipóteses formuladas.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

Os métodos e técnicas de pesquisa representam o conjunto de procedimentos empregados para alcançar os objetivos de um estudo. Os métodos correspondem ao caminho racional a ser seguido para atingir determinado fim, enquanto as técnicas são instrumentos que auxiliam na execução da pesquisa (Marconi; Lakatos, 2003). Dessa forma, os dois elementos se complementam, garantindo maior confiabilidade aos resultados obtidos.

Nesta seção são apresentados os métodos e as técnicas adotados no desenvolvimento do trabalho, evidenciando como a pesquisa foi realizada e quais recursos foram aplicados para a coleta, análise e interpretação dos dados.

3.1.1 Métodos de Abordagem

Este trabalho adotou o método hipotético-dedutivo como abordagem principal, propondo hipóteses relacionadas à reorganização do arranjo físico. Esse método parte da formulação de um problema e da elaboração de hipóteses que, posteriormente, são submetidas à verificação, podendo ser confirmadas ou não (Marconi; Lakatos, 2003).

O presente trabalho utilizou o método de abordagem mista, combinando métodos quantitativos e qualitativos. As abordagens quantitativa e qualitativa são debatidas desde a antiguidade na sociedade, sendo sua principal diferença a realidade social através de números, para o quantitativo e os aspectos subjetivos, para o qualitativo (Ferreira, 2015).

A abordagem quantitativa se caracterizou pela coleta de dados, medindo fenômenos e usando a estatística a seu favor. Neste mesmo sentido, para Raupp e

Bauren (2006), a abordagem quantitativa realiza a coleta e o tratamento de dados com base em instrumentos estatísticos. Por sua vez, a abordagem qualitativa se caracteriza na compreensão de fenômenos sociais, culturais e humanos. Raupp e Bauren (2006) afirmam que essa abordagem busca destacar as características não observadas no estudo quantitativo, realizando análises mais profundas em relação aos fenômenos que estão sendo estudados.

A pesquisa quantitativa foi utilizada para analisar os dados que envolveram o *layout*, como tempos de produção dos principais produtos da empresa, e a metragem da área de fábrica e dos equipamentos de produção. A pesquisa qualitativa foi utilizada para analisar informações dos fenômenos que envolvem o *layout*, como a percepção dos colaboradores sobre o fluxo de trabalho e os desafios do ambiente produtivo.

3.1.2 Objetivos de pesquisa

Quanto a qualificação do tipo de pesquisa, segundo seus objetivos, o trabalho apresenta as formas descritiva e exploratória. Para Gil (2022), as pesquisas descritivas buscam caracterizar uma população ou fenômeno e estabelecer relações entre variáveis, utilizando técnicas padronizadas de coleta de dados. O autor também destaca que ela pode investigar a natureza dessas relações e oferecer novas perspectivas sobre o problema. A pesquisa exploratória possibilita a análise de diferentes aspectos do fenômeno estudado, e têm como objetivo principal ampliar a compreensão sobre um problema, permitindo a formulação de hipóteses e o desenvolvimento de novas ideias (Gil, 2002).

A pesquisa descritiva foi aplicada para analisar o *layout* atual da indústria, identificando suas características, como a disposição dos equipamentos e o fluxo de pessoas. A pesquisa exploratória buscou investigar alternativas de reorganização do espaço produtivo, formulando novos métodos e propondo melhorias adequadas à realidade estudada.

3.1.3 Método de Procedimento técnico

O método de procedimento utilizado foi o estudo de caso. O estudo de caso caracteriza-se pela análise aprofundada de um ou poucos objetos, tendo como objetivo oferecer uma visão ampla do problema e identificar fatores que o influenciam

ou são por ele influenciados (Gil, 2002). Para Yin (2015), o estudo de caso é indicado em pesquisas aplicadas, pois permite entender melhor a complexidade das situações práticas e propor soluções adequadas. Neste trabalho o método de estudo de caso foi utilizado para analisar os processos produtivos da empresa, proporcionando uma compreensão mais detalhada de suas práticas, desafios operacionais e do espaço físico disponível, o que permitiu a elaboração de uma proposta de novo *layout*.

Além disso, o trabalho também aplicou o método comparativo, utilizado para avaliar as diferenças entre a configuração atual do *layout* e a proposta de reorganização desenvolvida a partir do estudo. De acordo com Marconi e Lakatos (2003), a comparação entre realidades distintas permite identificar semelhanças, divergências e oportunidades de melhoria, fornecendo subsídios para a escolha da alternativa mais adequada. Assim, ao colocar o arranjo físico existente ao lado da nova proposta, foi possível observar os possíveis ganhos em relação a eficiência, organização e redução de desperdícios.

3.1.4 Técnicas de coleta de dados

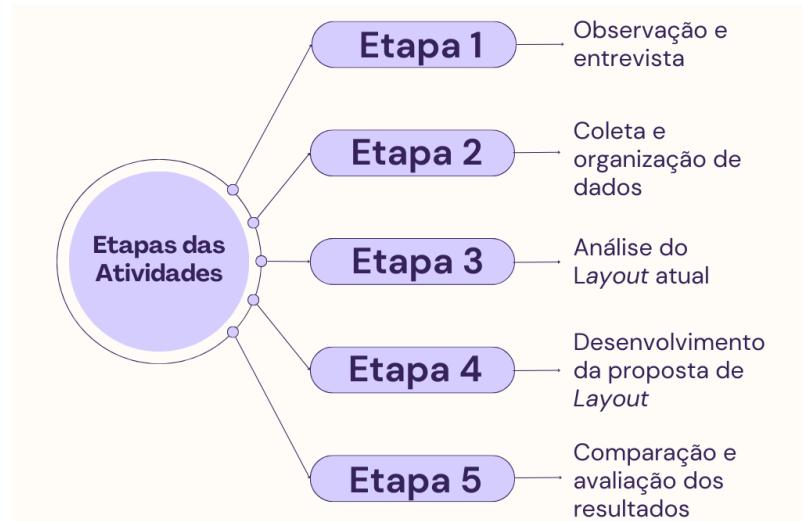
Os dados da pesquisa foram coletados a partir de pesquisa bibliográfica, observações e entrevistas não estruturadas. Segundo Gil (2022) a pesquisa bibliográfica baseia-se em materiais já publicados, como livros e artigos, e permite cobrir vários fenômenos. O autor destaca que para garantir a qualidade da pesquisa é importante que os pesquisadores verifiquem a origem das informações e comparem diferentes fontes.

O mapeamento dos processos produtivos da indústria foi realizado a partir da observação do processo, e também através de entrevistas não estruturadas com os colaboradores. Segundo Marconi e Lakatos (2003), a observação direta consiste no exame atento de fatos ou fenômenos no ambiente em que ocorrem, permitindo ao pesquisador captar informações de forma espontânea. As autoras também citam que a entrevista não estruturada se caracteriza pela flexibilidade, pois não segue um roteiro rígido, possibilitando que os participantes expressem suas percepções de forma livre.

3.1.4.1 Etapas das Atividades

Para explicar a metodologia adotada, a Figura 7 apresenta, por meio de um fluxograma, as principais etapas do estudo.

Figura 7 - Fluxograma das etapas das atividades



Fonte: Autor (2025).

Na primeira etapa, foi realizada uma visita à fábrica, com o objetivo de observar como os processos produtivos acontecem e registrar a disposição atual dos setores e equipamentos. Nesse momento também foi realizada uma entrevista não estruturada com os colaboradores da produção, a fim de compreender suas percepções sobre o ambiente de trabalho.

Em seguida foi feita a coleta e organização dos dados, as medições da área fabril e dos equipamentos de produção, e o registro dos tempos de produção, com o uso de cronômetro. As informações levantadas nas entrevistas foram sistematizadas em planilhas no *Excel*, permitindo maior organização dos dados obtidos.

Na terceira etapa, foi conduzida a análise do *layout* atual, identificando gargalos, desperdícios de movimentação e fluxos desordenados. Essa análise possibilitou relacionar a disposição física da fábrica com os impactos sobre a eficiência e produtividade. Após isso, foram desenvolvidas as alternativas para reorganização do *layout*, onde a elaboração dos desenhos foi realizada com o auxílio do software *AutoCAD*, buscando propor fluxos mais diretos, melhor aproveitamento do espaço e redução de deslocamentos desnecessários.

Na última etapa, a proposta desenvolvida foi comparada ao arranjo atual, destacando os ganhos potenciais em eficiência, organização e segurança. Essa comparação permitiu avaliar a validade da proposta e fornecer uma base para futuras implementações na empresa.

3.1.5 Técnicas de análise de dados

A interpretação dos dados coletados foi realizada com o auxílio do *software Excel*, utilizado para a organização das informações. Nele também foram estruturados os dados referentes às medições de *layout*, tempos de produção e as percepções obtidas nas entrevistas, possibilitando uma melhor visão do processo produtivo da empresa.

Dessa forma, estabeleceram-se conexões entre as informações coletadas e as hipóteses formuladas inicialmente. Os dados quantitativos, como tempos de produção e dimensões do espaço fabril foram integrados aos dados qualitativos, como percepções dos colaboradores sobre dificuldades e fluxos de trabalho. Essa integração possibilitou uma avaliação da situação da empresa, fornecendo uma visão abrangente sobre os problemas do arranjo físico atual e embasando a formulação da proposta de melhoria, voltada à otimização dos processos produtivos e ao melhor aproveitamento do espaço fabril.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos, abordando a caracterização do ambiente da empresa onde o estudo foi conduzido, o levantamento dos processos produtivos e os métodos empregados para a coleta e interpretação dos dados. Durante a análise, foram identificados os principais desperdícios presentes no processo atual, o que possibilitou a elaboração de uma proposta de *layout* voltada à otimização do espaço, ao aprimoramento do fluxo produtivo e ao aumento da eficiência operacional.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

O estudo foi realizado na empresa Amplial Esquadrias e Vidros LTDA, localizada na cidade de Horizontina/RS, no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. A empresa está presente no mercado a 3 anos, dando continuidade ao trabalho da empresa VD ALUM. A empresa atua no setor de esquadrias de alumínio e vidros, prestando serviços em diversos projetos residenciais e industriais, com destaque para a fabricação de janelas de correr e portas de giro, que representam a maior parte de sua produção e demanda comercial. A produção é realizada sob encomenda, sendo cada esquadria fabricada de acordo com as dimensões e especificações de cada cliente, o que exige precisão e flexibilidade no processo produtivo.

A VD ALUM iniciou suas atividades no ano de 2010, sendo pioneira no segmento de esquadrias de alumínio na cidade de Horizontina/RS. No ano de 2022, a empresa VD ALUM sofreu uma reestruturação, mantendo sua equipe técnica, mas sob uma nova gestão, assim se tornando Amplial Esquadrias e Vidros LTDA. Desde a nova estruturação, a empresa buscou o crescimento, desenvolvendo sua equipe e seus produtos, sempre tentando atender melhor seus clientes. Com isso a empresa alcançou um aumento significativo na prestação de seus serviços a cada ano.

No início do ano de 2025, a empresa alcançou um grande objetivo, que foi a abertura de um *showroom*, também localizado na cidade de Horizontina/RS, com o propósito de tornar seus produtos mais visíveis para os clientes, assim aumentando suas vendas. Com isso, sua demanda produtiva tende a aumentar, tornando viável um estudo para reorganização do *layout* do espaço produtivo. Ressalta-se que a empresa opera em um prédio alugado, o que traz limitações à disposição dos setores e algumas mudanças.

4.2 PROCESSOS PRODUTIVOS DA EMPRESA

Considerando a forma como a empresa organiza suas atividades, tornou-se importante realizar uma análise clara de seu processo produtivo e do desempenho de cada etapa. Dessa maneira, as fases que compõem o setor de produção foram analisadas, levando em conta a disposição atual dos recursos, a sequência das operações e a localização das máquinas e equipamentos.

Por se tratar de uma produção sob encomenda, cada projeto demanda medidas personalizadas e atenção em todas as etapas. Assim, compreender os processos produtivos da empresa permite identificar gargalos e avaliar oportunidades de melhoria. A Figura 8 apresenta a fachada da empresa estudada.

Figura 8 - Fachada da empresa

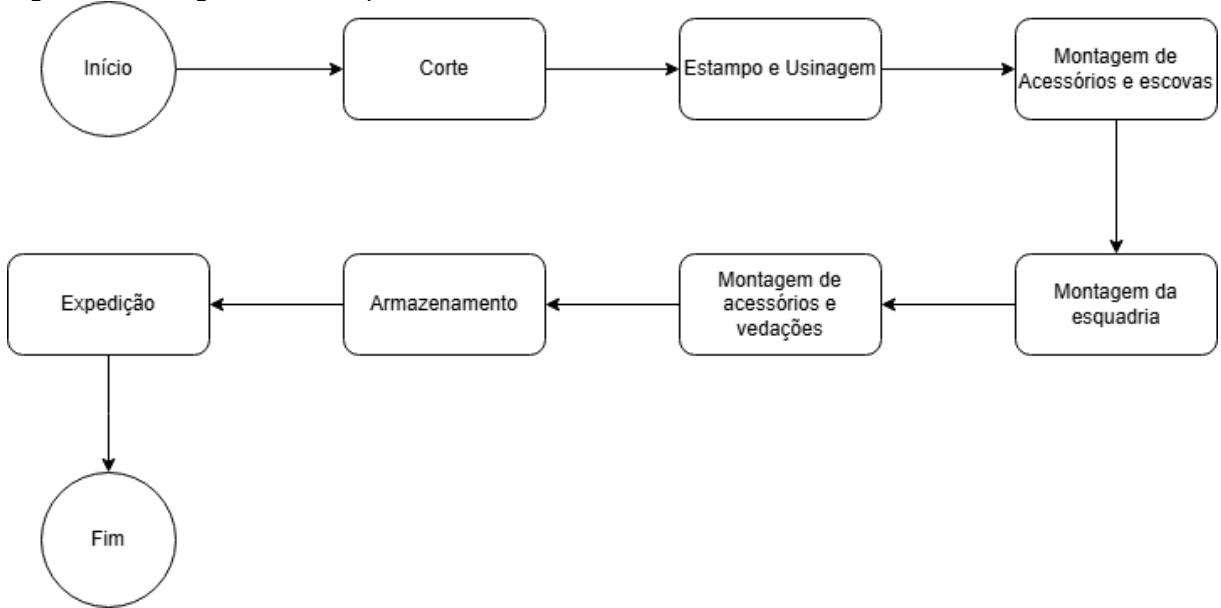


Fonte: Autor (2025).

Essa análise possibilitou compreender de forma mais precisa as condições operacionais atuais e os fatores que influenciam a eficiência do processo produtivo.

Para uma melhor compreensão do funcionamento do processo produtivo da empresa, foi elaborado um fluxograma, apresentado na Figura 9, que representa de maneira sequencial e organizada as etapas do processo de uma esquadria de alumínio, desde o corte da matéria-prima até a expedição do produto final.

Figura 9 - Fluxograma das etapas das atividades



Fonte: Autor (2025).

Conforme a Figura 9, os processos envolvidos iniciam pelo corte da matéria-prima até a expedição do produto final. Após o corte dos perfis, as etapas seguem com usinagem, estampagem, pré-montagem de escovas e acessórios, montagem estrutural das esquadrias e a instalação dos componentes finais e vedação. Cada uma dessas etapas possui controles definidos para assegurar que o produto atenda aos requisitos de qualidade estabelecidos, como dimensões corretas, alinhamento adequado, vedação eficiente e funcionamento dos acessórios. Sempre que uma não conformidade é identificada, o item é retrabalhado. Dessa forma, o fluxograma não apenas descreve as atividades de produção, mas também evidencia o encadeamento das operações e a importância de pontos de inspeção, garantindo que as esquadrias sejam entregues ao cliente com a qualidade e a confiabilidade esperadas.

4.3 LAYOUT PRODUTIVO ATUAL

O *layout* produtivo da empresa contém em seus setores de trabalho máquinas, bancadas, áreas de estoque e áreas de circulação, que estruturam o fluxo das atividades desde a chegada da matéria-prima até a expedição do produto final. O espaço fabril possui aproximadamente 300 m², com 12 m de largura por 25 m de comprimento, com pé-direito variando entre 4 m nas laterais e 6 m na região central.

A organização atual busca atender às necessidades do processo de fabricação de portas e janelas, distribuindo áreas específicas para corte, usinagem, montagem e

armazenamento. Para uma melhor compreensão do processo produtivo, foram utilizadas como referência as portas de giro (Figura 10) e as janelas de correr (Figura 11), que representam os principais produtos fabricados pela empresa.

Figura 10 - Porta de Giro



Fonte: Autor (2025).

A Figura 11 apresenta uma janela de correr de 2 folhas, que assim como a porta de giro ilustrada na Figura 10, são os produtos de maior demanda na empresa.

Figura 11 - Janela de Correr de 2 Folhas



Fonte: Autor (2025).

O processo de fabricação, tanto de portas de giro quanto de janelas de correr de duas folhas, se inicia pelo corte da matéria prima. Nesta etapa, o funcionário responsável desloca a matéria prima do estoque de alumínio até a área de corte, e então inicia o processo. Ele recebe um plano de corte, com todas as medidas necessárias para realizar a produção do item.

As barras de alumínio chegam com o comprimento de 6 metros, sendo necessário que o operador realize o corte de maneira estratégica, buscando o melhor aproveitamento do material. Os tempos de execução e de deslocamento foram obtidos por meio de cronometragem, realizada durante a observação do processo produtivo. Os tempos e distâncias de movimentação utilizados nesta análise também estão representados no Quadro 2 para portas de giro.

Quadro 2 - Tempos e distâncias de movimentação para Portas de Giro

Porta de Giro					
Processo	Tempo total (min)	Quantidade de peças	Quantidade de deslocamentos	Deslocamento (m)	Tempo de deslocamento (min)
Corte	30	31	6	108	3
Estampo e usinagem	17	6	6	18	1
Pré montagem	11	5	3	30	4
Montagem	22	31	0	0	0
Ajustes finais	22	0	1	10	1
Extra	1	0	2	20	1
Total	103	73	18	186	10

Fonte: Autor (2025).

No Quadro 3 são apresentados os tempos e distâncias para janelas de correr, o que permite visualizar de forma clara cada etapa do processo e seus deslocamentos.

Quadro 3 - Tempos e distâncias de movimentação para Portas de Giro

Janela de correr					
Processo	Tempo total (min)	Quantidade de peças	Quantidade de deslocamentos	Deslocamento (m)	Tempo de deslocamento (min)
Corte	25	20	4	72	2
Estampo e usinagem	7	10	10	30	2
Pré montagem	10	13	3	30	4
Montagem	17	20	2	20	2
Ajustes finais	12	0	1	10	1
Extra	1	0	2	20	1
Total	72	63	22	182	12

Fonte: Autor (2025).

Com base nas informações citadas nos Quadros 2 e 3, para o corte de uma porta de giro, são cortados quatro tipos de perfis diferentes, totalizando 31 peças, e o tempo para o corte é de 30 minutos. Para uma janela de correr de duas folhas, são cortados oito tipos de perfis diferentes, totalizando 20 peças, e o tempo para o corte é de 25 minutos. Em média, a cada 5 peças cortadas o funcionário se desloca com as

peças até a bancada de montagem. Para as portas de giro, o funcionário percorre 108 metros, com um tempo de 3 minutos. Para as janelas de correr de duas folhas, o funcionário percorre 72 metros, com um tempo de 2 minutos.

Após o corte, todas as peças, que foram levadas para a bancada de montagem passam pela marcação das peças, para posteriormente serem usinadas e estampadas. Nessas operações são criados encaixes, furos e demais ajustes que permitirão a montagem correta das esquadrias. No caso da porta de giro, são realizadas duas usinagens e quatro estampagens, com tempo médio de 17 minutos. Para a janela de correr de duas folhas, são usinadas duas peças e aplicadas oito estampagens, em um tempo médio de 7 minutos. Cada peça é deslocada individualmente até a área de estampo e usinagem, e após o processo volta para a bancada de montagem. No caso das janelas de correr, o funcionário se desloca 10 vezes até a área de estampo e usinagem, percorrendo 30 metros, com um tempo de 2 minutos. No caso da porta de giro, o funcionário se desloca 6 vezes até a área de estampo e usinagem, percorrendo 18 metros, com um tempo de 1 minuto.

Ao finalizar a usinagem e estampagem, inicia-se a fase de pré-montagem, na qual são instaladas as escovas de vedação e determinados acessórios que podem ser fixados antes da montagem final da esquadria. Para a porta de giro, essa atividade envolve a colocação de escovas de vedação em três peças e de acessórios em duas peças, com tempo médio 11 minutos. Para a janela de correr de duas folhas, são colocadas escovas de vedação em 7 peças e acessórios em 6 peças, em um tempo médio de 10 minutos. Neste processo, o funcionário se desloca até o estoque de matéria prima uma vez, para pegar as vedações, e outra vez para pegar os acessórios necessários para essa parte do processo, percorrendo 20 metros, com um tempo de 3 minutos. Após finalizar, o funcionário se desloca uma terceira vez até o estoque de matéria prima para guardar o restante das vedações que sobraram, percorrendo 10 metros, com um tempo de 1 minuto.

Em seguida, acontece a montagem da esquadria, onde são unidos os marcos e as folhas das esquadrias, que compõem a estrutura principal da janela ou porta. A união dos marcos e das folhas de uma porta de giro acontecem por meio da colocação de cunhas e cantoneiras, e tem o tempo médio 22 minutos. Já a união de janelas de correr de duas folhas ocorre por meio de parafusos, em um tempo médio de 17 minutos. Para as janelas de correr, o funcionário se desloca até o estoque de

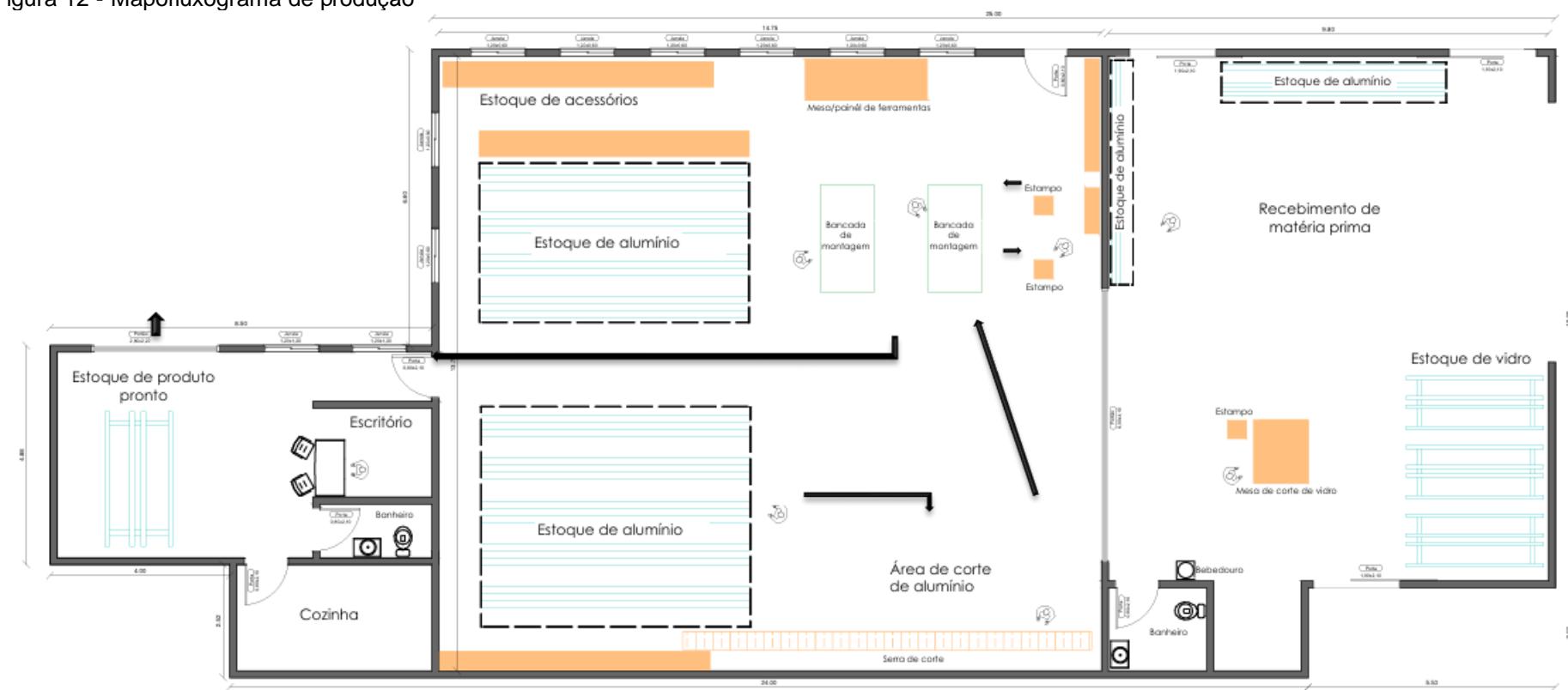
acessórios para pegar os parafusos de fixação, e outra vez para guardar os parafusos que sobraram, percorrendo 20 metros, com um tempo de 2 minutos.

Após a montagem da esquadria, são inseridos o restante dos acessórios que só podem ser encaixados depois que a esquadria já está montada. Também é feita a vedação das esquadrias com silicone, e a regulagem final, que garantem o desempenho do produto. Esta etapa tem um tempo médio de 22 minutos para as portas de giro, e 12 minutos para as janelas de correr de duas folhas. Neste processo, o funcionário se desloca até o estoque de acessórios mais uma vez, para pegar os acessórios e silicone necessários, percorrendo 10 metros, com um tempo de 1 minuto.

Além dos deslocamentos citados, o funcionário ainda se desloca até o painel de ferramentas 2 vezes para pegar as ferramentas necessárias, percorrendo 20 metros, com um tempo de 1 minuto. Com o produto finalizado, as esquadrias passam para a etapa de armazenamento, onde ficam devidamente organizadas e protegidas até o momento da expedição para o cliente. A colocação dos vidros e regulagem final é feita após a expedição, quando a esquadria já está instalada na casa do cliente. Este processo demanda tempo de instalação, e mais volume na carga, sendo que os vidros são levados separadamente, também sendo necessário levar borrachas de vedação para os mesmos. Sendo assim, o tempo total para fabricação de uma porta de giro é de 1 hora e 43 minutos, e o de uma janela de correr de duas folhas é de 1 hora e 12 minutos.

Esse arranjo pode ser visualizado no mapofluxograma apresentado na Figura 12, que demonstra a sequência das etapas e os deslocamentos realizados ao longo do processo, conforme descritos anteriormente. Essa configuração, embora funcional, apresenta pontos que interferem na eficiência da produção, como deslocamentos frequentes de materiais e pessoas.

Figura 12 - Mapofluxograma de produção

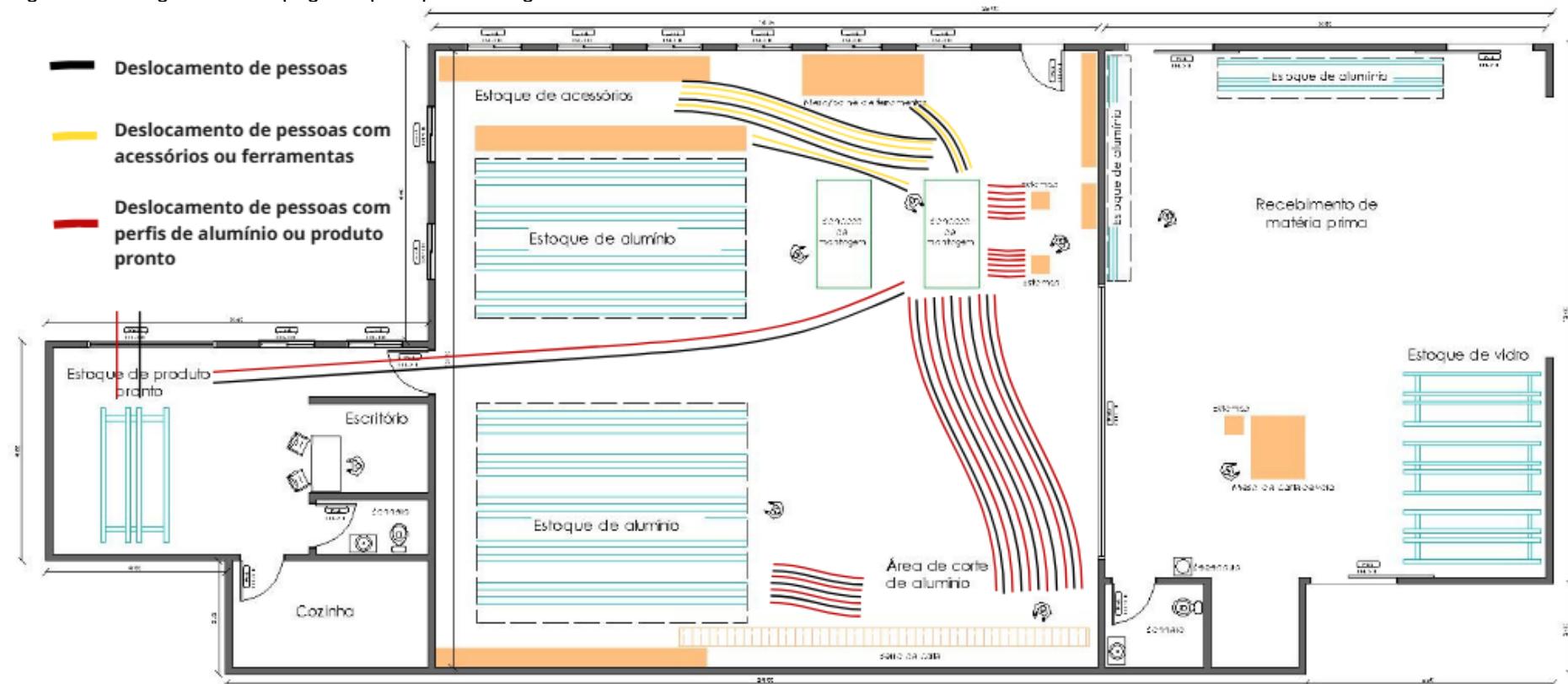


Fonte: Autor (2025).

A partir do mapeamento das etapas do processo produtivo, representado no mapofluxograma (Figura 12), tornou-se possível aprofundar a análise dos deslocamentos realizados pelos operadores durante a fabricação das esquadrias. Para isso, utilizou-se o diagrama de esaguete, assim permitindo visualizar graficamente o caminho percorrido pelos colaboradores ao longo do processo, evidenciando trajetos excessivos, cruzamentos de fluxo e movimentações que não agregam valor. Essa representação é

fundamental para compreender como a disposição atual dos equipamentos e setores influencia o fluxo produtivo. Na Figura 13 pode-se observar o diagrama de esquartejo realizado para o processo das portas de giro.

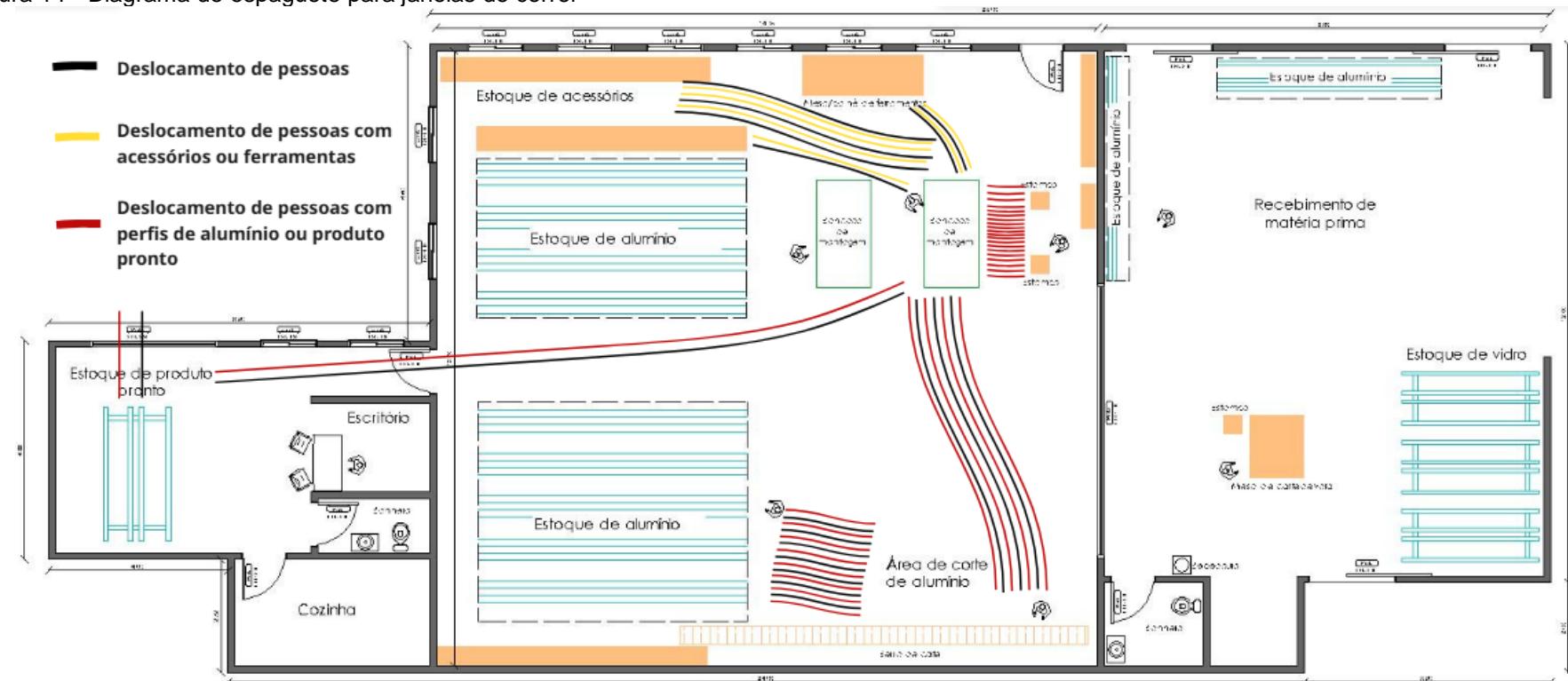
Figura 13 - Diagrama de espaguete para portas de giro



Fonte: Autor (2025).

Já para o processo das janelas de correr, foi elaborado o diagrama de espaguete apresentado na Figura 14, que demonstra de forma detalhada o trajeto percorrido pelo operador durante a produção desse produto.

Figura 14 - Diagrama de espaguete para janelas de correr



Fonte: Autor (2025).

Em ambos os diagramas de espaguete (Figuras 13 e 14) foi elaborada uma legenda para facilitar a interpretação dos deslocamentos realizados durante o processo produtivo. A linha na cor preta representa o deslocamento do operador sem transporte de materiais, evidenciando apenas o movimento humano dentro do ambiente fabril. A linha na cor amarela indica o deslocamento do operador carregando acessórios ou ferramentas, demonstrando os trajetos necessários para buscar itens de apoio à produção. A linha vermelha representa o deslocamento do operador transportando perfis de alumínio ou o produto pronto, destacando os movimentos relacionados às etapas mais críticas do processo, que exigem maior cuidado e espaço para movimentação.

4.4 IDENTIFICAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS DO LAYOUT ATUAL

A partir da análise do processo produtivo e do mapofluxograma elaborado, foi possível identificar os desperdícios relacionados ao *layout* atual da empresa, conforme Quadro 4. A identificação dos gargalos e desperdícios presentes no arranjo físico é importante para fundamentar a proposta de reorganização do mesmo, visando otimizar o fluxo produtivo e melhorar o desempenho operacional da indústria.

Quadro 4 - Desperdícios identificados no processo produtivo

Tipo de desperdício	Problema identificado no processo produtivo	Descrição
Movimentação	Deslocamentos frequentes entre corte, montagem, usinagem e estoque	Os operadores percorrem grandes distâncias para executar atividades, elevando o tempo de produção e o esforço físico.
Transporte	Transporte individual de peças entre setores e retorno de sobras ao estoque	Peças e acessórios são movimentados diversas vezes sem agregar valor, aumentando o risco de danos e o tempo total do processo.
Espera/Estoque	Interrupção da montagem para buscar acessórios e vedações	A falta de pontos de abastecimento próximos à linha de montagem gera pausas no trabalho e acúmulo desnecessário de materiais.
Produto não conforme/ Processamento	Bancadas com acúmulo de ferramentas, limalhas e peças em processo	A ausência de padronização e limpeza nas bancadas aumenta o risco de danos e retrabalhos nas esquadrias.
Superprodução/Espera	Instalação dos vidros apenas após a expedição	A separação entre montagem e instalação gera retrabalho logístico e maior tempo de instalação na obra.
Produto não conforme	Ausência de inspeção e limpeza final antes do armazenamento	Falhas não detectadas durante a produção aumentam o retrabalho e o tempo de instalação no cliente.
Movimentação/Transporte	<i>Layout</i> com fluxo não linear e cruzamento de trajetos	A disposição inadequada dos setores impede o fluxo contínuo, aumentando deslocamentos e reduzindo a eficiência produtiva.

Fonte: Autor, 2025.

No Quadro 4 foram apresentados os desperdícios e problemas identificados no processo produtivo. Essas observações foram realizadas com base no processo de

produção de portas de giro e janelas de correr, produtos que conforme já mencionado, representam a maior demanda da empresa. Contudo, ressalta-se que os desperdícios variam conforme o tipo do produto, já que cada modelo de esquadria apresenta particularidades nas etapas de corte, usinagem e montagem.

O primeiro problema identificado foi o deslocamento excessivo dos colaboradores, que se deslocam repetidas vezes da área de corte até as bancadas de montagem, das bancadas até a área de estampo e usinagem, além de realizar idas frequentes ao estoque de acessórios e ao painel de ferramentas. Esses deslocamentos geram perda de tempo, assim aumentando o tempo total de produção e configuram desperdício de movimentação.

Além do deslocamento excessivo, também ocorre o transporte desnecessário de materiais, sendo que as peças são levadas individualmente para usinagem e estampagem e depois retornam à bancada, o que multiplica o número de trajetos. Isso também ocorre com as sobras de vedações e acessórios, que são levadas de volta ao estoque, gerando retrabalho logístico.

Com esses deslocamentos excessivos pode-se observar que o processo não segue uma sequência linear, pois exige várias idas e vindas entre setores. Estes fatores aumentam a desorganização do *layout* e atrasam o processo produtivo, sendo que o tempo efetivo de corte, usinagem, estampagem e montagem é interrompido constantemente pelos deslocamentos. Com isso o operador alterna entre produção e logística, em vez de concentrar-se apenas na fabricação. A movimentação constante de peças ainda aumenta os riscos de danos, como arranhões, amassados e esfolados nas peças.

Outro ponto observado, foram as bancadas de trabalho, observadas na Figura 15, que por sua configuração sofrem o acúmulo de limalhas e também de ferramentas em contato com as peças que estão em fabricação, potencializando riscos de avarias. Além disso, a retirada e devolução de acessórios e vedações revela que não há um ponto de abastecimento próximo à linha de montagem. Isso gera desperdício de estoque e espera, pois o operador interrompe a montagem para buscar itens.

Figura 15 - Bancadas de trabalho atuais



Fonte: Autor (2025).

A instalação final dos vidros após expedição também é um ponto crítico, pois esse procedimento aumenta o tempo de instalação na obra, e também a complexidade logística, já que os vidros precisam ser transportados separadamente. Além disso, os riscos de quebra são maiores, os custos de transporte podem aumentar, uma vez que é necessária fazer a carga desses vidros.

Outro problema identificado foi a ausência de uma etapa de inspeção e limpeza final das esquadrias antes do armazenamento e expedição. Atualmente, o processo segue diretamente da montagem para o estoque, sem uma verificação das medidas, ajustes e acabamento das peças. Essa ausência de conferência aumenta a probabilidade de que produtos com falhas passem despercebidos, resultando em retrabalhos durante a instalação no cliente.

Diante desses pontos, fica evidente que o *layout* atual apresenta gargalos que impactam diretamente a eficiência produtiva, a qualidade dos produtos e a organização do fluxo de trabalho, reforçando a necessidade de melhoria que torne o processo mais eficiente.

4.5 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DE NOVO LAYOUT

A elaboração da proposta do novo *layout* teve como objetivo eliminar os gargalos e desperdícios identificados no arranjo físico atual, de forma a estruturar um

fluxo de produção contínuo. Para isso, foram consideradas diretrizes baseadas nos princípios da manufatura enxuta, priorizando a redução de movimentações desnecessárias, a aproximação entre etapas sequenciais, a criação de pontos de abastecimento próximos às linhas de trabalho e a inclusão de uma área destinada à inspeção e limpeza final dos produtos antes do armazenamento.

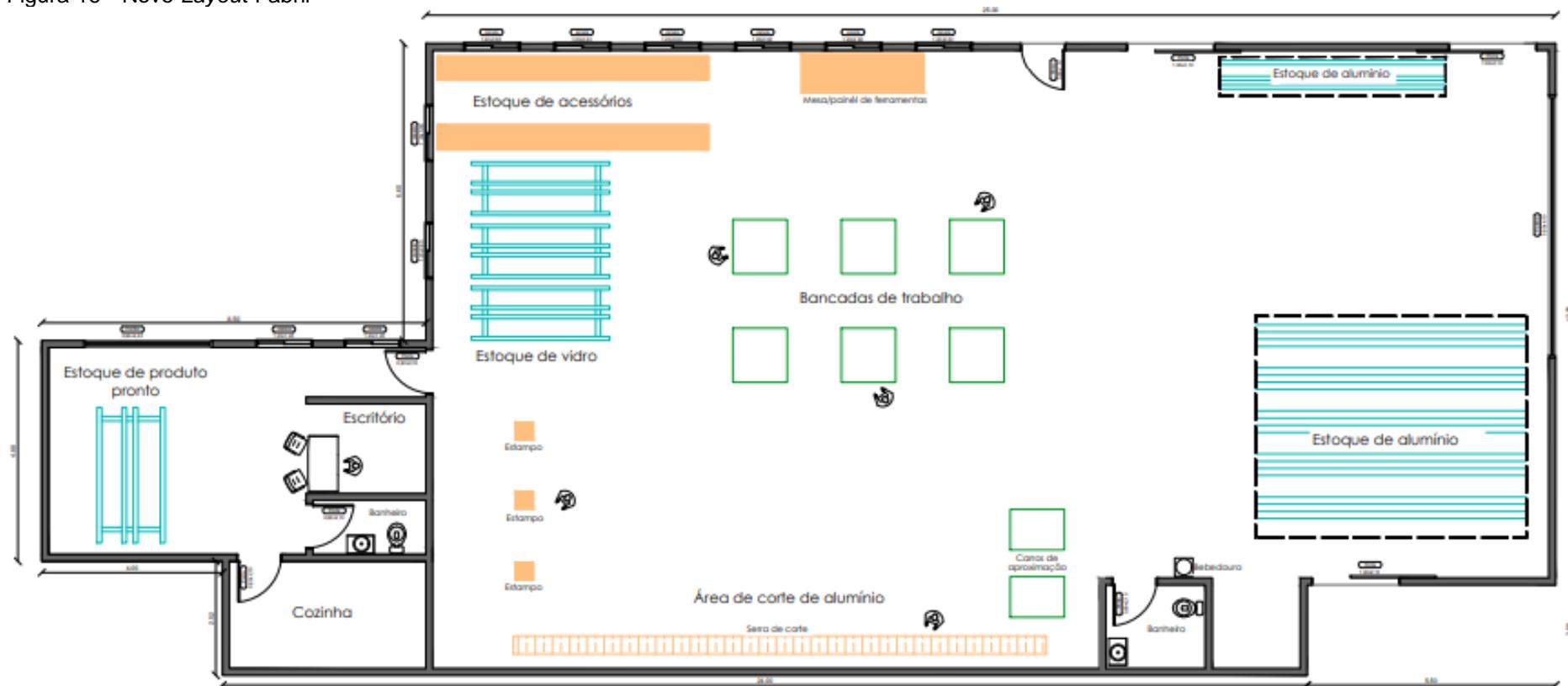
O desenvolvimento da proposta foi realizado com base nas dimensões reais do espaço fabril, nas observações diretas do processo produtivo e nas informações obtidas nas entrevistas com os colaboradores. O estudo considerou a sequência das operações, de modo que as áreas de corte, usinagem, montagem e estocagem fossem organizadas de forma lógica e contínua, evitando fluxos de retorno e deslocamentos cruzados. Essa reorganização permite que o material percorra um trajeto mais curto e linear, reduzindo o tempo total de produção e aumentando a eficiência operacional.

Durante o processo de desenvolvimento, foi elaborada a planta no software *AutoCAD*, o que possibilitou maior precisão nas dimensões e clareza na visualização da disposição dos setores. O novo *layout* integra as áreas de corte, usinagem, montagem, ponto de abastecimento de acessórios e vedações de uso frequente, além de uma área destinada à inspeção e limpeza final das esquadrias. Essa configuração promove maior proximidade entre os processos e melhor aproveitamento do espaço disponível.

As alterações propostas foram fundamentadas nos problemas identificados no arranjo atual. A proximidade entre corte, usinagem e montagem reduz deslocamentos excessivos e riscos de danos durante o transporte. O abastecimento próximo à linha de montagem elimina desperdícios de movimentação, transporte e espera. A inclusão da etapa de inspeção final assegura maior padronização e qualidade dos produtos, evitando retrabalhos e falhas durante a instalação. A reorganização das bancadas de trabalho contribui para reduzir o acúmulo de ferramentas e resíduos metálicos, melhorando as condições de limpeza e segurança no ambiente produtivo.

O novo arranjo físico, representado na Figura 16 não se limita a uma simples redistribuição de máquinas e bancadas, mas representa uma estratégia para alinhar o processo produtivo da empresa às boas práticas de gestão industrial, assegurando maior competitividade, confiabilidade e satisfação dos clientes.

Figura 16 - Novo Layout Fabril



Fonte: Autor (2025).

A proposta de *layout* (Figura 16) apresentada neste estudo adota uma configuração de *layout* funcional, na qual os setores são organizados conforme as atividades desempenhadas. Essa disposição busca racionalizar o fluxo de materiais e otimizar a utilização do espaço disponível, reduzindo deslocamentos e interferências entre as etapas de produção.

No arranjo físico proposto, as áreas de corte, usinagem, montagem e acabamento foram redistribuídas de forma sequencial, favorecendo um fluxo contínuo e lógico do processo produtivo.

4.5.1 Principais mudanças propostas na área fabril

A reorganização proposta para o *layout* produtivo, conforme Figura 16, envolve um conjunto de mudanças que tem o objetivo de aprimorar o fluxo de trabalho, reduzir desperdícios e aumentar a eficiência da fábrica. Este tópico apresenta as principais modificações planejadas para a área fabril considerando que a mesma seja implementada.

A primeira grande mudança consiste na remoção da parede que separava a parte interna da fábrica da área externa, ampliando a área de produção. Com essa alteração, instala-se um portão no vão existente na parede externa, no local destinado ao recebimento da matéria-prima. Os estoques de acessórios e perfis de alumínio que anteriormente ocupavam o entorno dessa parede são realocados para seus respectivos setores, permitindo melhor distribuição e organização dos materiais.

O estoque principal de perfis de alumínio é transferido para a antiga área externa, onde estava localizado o estoque de vidros, ficando ao lado da área de recebimento, o que facilita o armazenamento desse material. Os estampos passam a ocupar o espaço antes destinado aos perfis de alumínio, o que aumenta a área de circulação ao seu redor e aproxima esses itens da área de corte, contribuindo para um fluxo mais eficiente.

As novas bancadas de montagem são posicionadas praticamente no mesmo local das anteriores, porém, incluem-se mais duas bancadas, o que aumenta a capacidade produtiva. Além disso, a área de circulação entre elas é ampliada.

O estoque de vidros é reposicionado ao lado das bancadas de montagem, permitindo que o colaborador realize a colocação dos vidros imediatamente após a montagem das esquadrias. A montagem dos vidros ocorre nas bancadas de montagem, onde também se realiza a limpeza final das esquadrias e uma inspeção geral de qualidade. Os dois carrinhos de aproximação (Figura 17) são alocados próximos à área de corte, porém permanecerão em constante circulação entre corte, estampo e montagem, apoiando o transporte rápido das peças.

A inspeção final das esquadrias é realizada na área de estoque de produto pronto, garantindo que nenhum item seja enviado ao cliente com defeitos ou ausência

de componentes. Essa mudança reforça o controle de qualidade e reduz o risco de retrabalhos e devoluções.

4.5.2 Melhoria e Aquisição de Equipamentos

Além da reorganização do espaço fabril, a proposta considera a necessidade de melhorias em determinados equipamentos que influenciam diretamente na produtividade e na qualidade das esquadrias. Observou-se que algumas etapas do processo, como o corte, a usinagem e a estampagem, exigem um grande número de deslocamentos. Para minimizar esse deslocamento, sugere-se a aquisição de 2 carros de aproximação, ilustrado na Figura 17, com o objetivo de permitir que, durante o corte, o operador possa armazenar todas as peças de um mesmo produto em um único suporte.

Assim, após o fim da operação, todas as peças podem ser levadas de uma só vez até o próximo setor. Os 2 carros podem ser produzidos na empresa, custando cerca de R\$1000,00, entre material e mão de obra. Considerando que a empresa faça 8 janelas de correr em um dia, com o uso do carro de aproximação a empresa ganha aproximadamente 32 minutos por dia, assim economizando R\$10,00. Neste cenário o investimento se paga em 100 dias.

Figura 17 - Carro de Aproximação



Fonte: Flexolínea (2025).

Além disso, foram sugeridas melhorias nas bancadas de montagem, uma vez que as atuais apresentam o acúmulo de ferramentas e limalhas, comprometendo a qualidade das peças em fabricação. Nesse sentido, foi desenvolvida uma proposta de

bancada de trabalho, ilustrada na Figura 18, onde a parte superior é composta por tubos paralelos, permitindo a montagem das esquadrias sem o acúmulo de ferramentas e limalhas em contato direto com os perfis.

Na parte inferior da bancada, foi projetado um painel de ferramental, para o armazenamento das ferramentas mais utilizadas durante o processo, e também um pequeno estoque de acessórios, que pode ser abastecido uma vez por dia, minimizando as idas até o estoque e o painel de ferramentas e aumentando a organização do posto de trabalho. O item pode ser produzido na empresa, custando cerca de R\$1000,00, entre material e mão de obra. Considerando que a empresa faça 8 janelas de correr em um dia, com o uso do carro de aproximação a empresa ganha aproximadamente 56 minutos por dia, assim economizando R\$17,50. Neste cenário o investimento se paga em 58 dias.

Figura 18 - Nova Bancada de Trabalho



Fonte: Autor (2025).

As melhorias propostas nos equipamentos, associadas à reorganização do arranjo físico, têm como objetivo aumentar a eficiência produtiva, garantir maior qualidade, segurança e ergonomia ao processo. Dessa forma, busca-se tornar a produção mais organizada e sustentável, favorecendo o desempenho da empresa.

4.6 NOVO MAPOFLUXOGRAMA

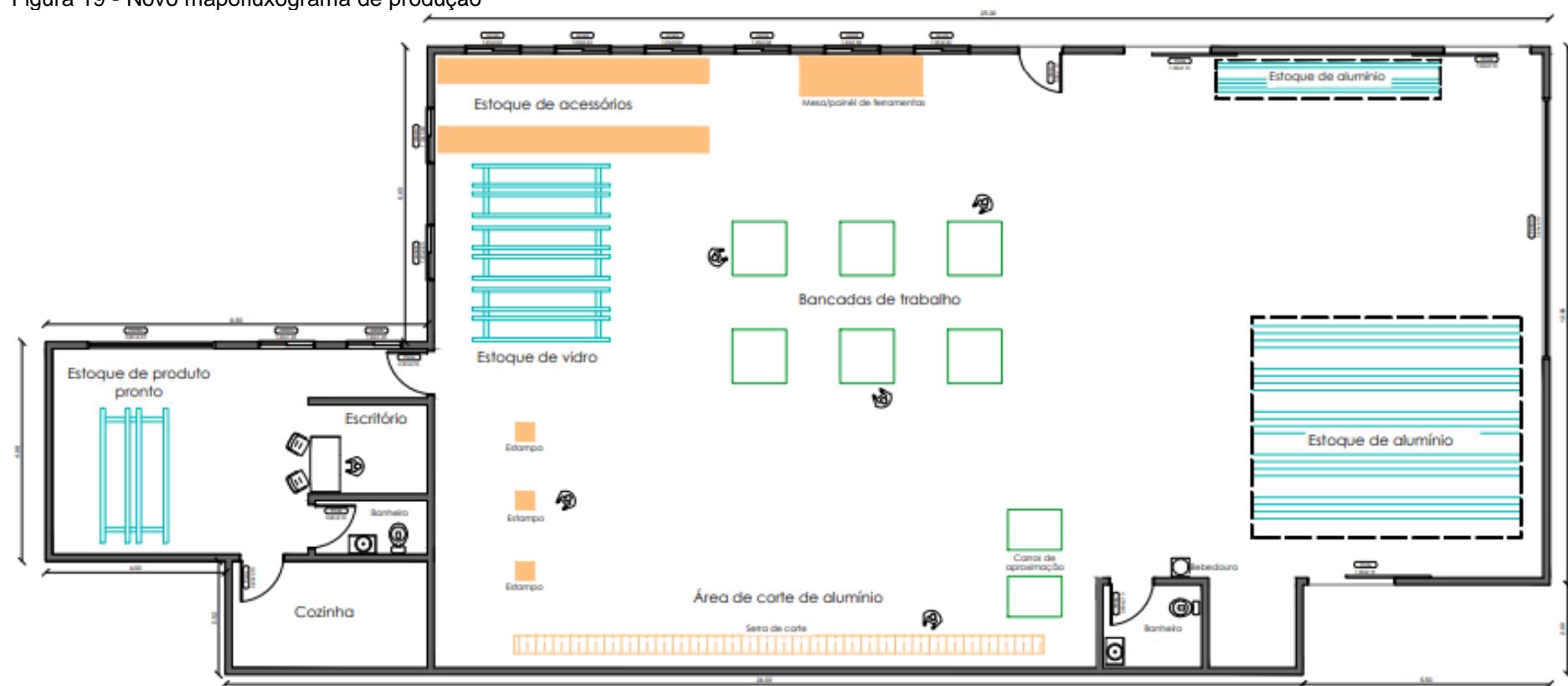
Com base nas observações realizadas no ambiente produtivo e nos principais gargalos identificados durante a análise do *layout* atual, foi elaborado o novo mapofluxograma de produção, apresentado na Figura 19, que representa o fluxo

otimizado das operações produtivas dentro do espaço fabril da empresa. Por meio dele, é possível visualizar de forma clara como os processos serão executados e como cada setor se interliga, permitindo uma melhor compreensão do funcionamento do sistema produtivo proposto.

Ao analisar a Figura 19, observa-se que os processos produtivos da empresa foram reorganizados de forma mais lógica e funcional no novo *layout*. Uma das principais estratégias adotadas foi a setorização das atividades, com a disposição de cada etapa do processo em uma área específica da fábrica. Essa medida proporciona melhor definição dos fluxos de trabalho, reduz deslocamentos desnecessários em 80% e facilita a supervisão e o controle das operações.

A separação clara entre os setores de corte, usinagem, montagem, acabamento e expedição contribui para a criação de um fluxo mais organizado, eliminando movimentações cruzadas de materiais e operadores. Essa nova configuração também melhora o aproveitamento do espaço físico, reduz o tempo de transporte de perfis e componentes, e aumenta a organização visual do ambiente fabril. Além disso, a proximidade entre etapas sequenciais favorece a comunicação entre os colaboradores e a integração das atividades, aspectos fundamentais para o aumento da produtividade e da eficiência operacional.

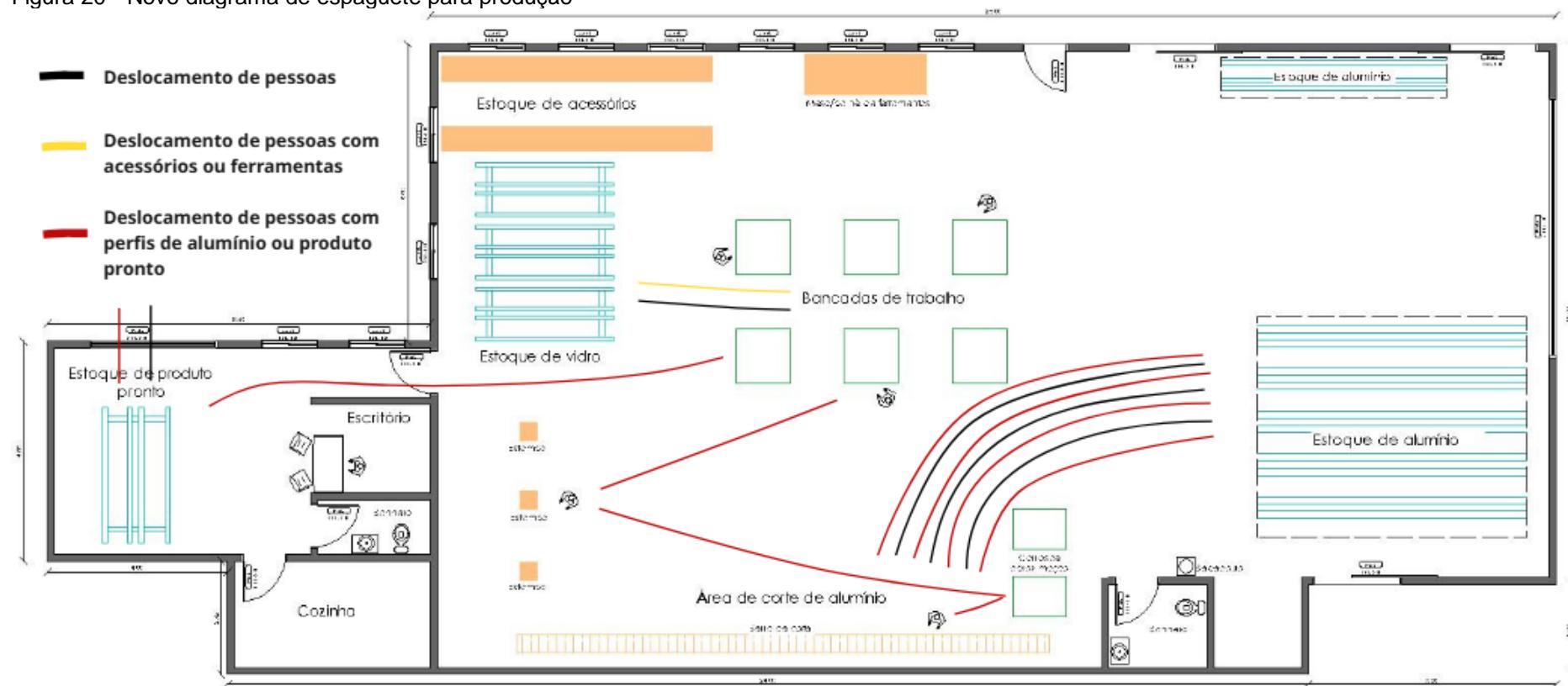
Figura 19 - Novo mapofluxograma de produção



Fonte: Autor (2025).

Com base nesses resultados e na reorganização proposta para o arranjo físico da fábrica, elaborou-se um novo diagrama de espaguete para o *layout* otimizado. Esse diagrama, apresentado na Figura 20, demonstra o novo fluxo de deslocamento esperado para os operadores após a implementação das mudanças.

Figura 20 - Novo diagrama de esaguete para produção



Fonte: Autor (2025).

Assim como nos diagramas anteriores, manteve-se a mesma legenda, onde a linha preta representa o deslocamento apenas do operador, a linha amarela indica o deslocamento com ferramentas ou acessórios, e a linha vermelha representa o deslocamento com perfis de alumínio ou produto pronto. É possível observar como os deslocamentos diminuíram em relação a situação atual.

4.7 COMPARATIVO DE RESULTADOS ENTRE O *LAYOUT* ATUAL E O PROPOSTO

Após a análise das melhorias propostas, foram elaborados dois quadros para comparar o *layout* atual com o proposto. Esse comparativo permite visualizar a redução dos deslocamentos e tempos de execução nas principais etapas do processo produtivo. O Quadro 5 apresenta o comparativo entre o *layout* atual e o proposto para a fabricação de janelas de correr.

Quadro 5 - Comparativo de produção entre o *layout* atual e o proposto em janelas de correr

Janela de correr						
	Layout Antigo			Layout Proposto		
Processo	Tempo total (min)	Deslocamento (m)	Tempo de deslocamento (min)	Tempo total (min)	Deslocamento (m)	Tempo de deslocamento (min)
Corte	25	72	2	23,10	9	0,1
Estampo e usinagem	7	30	2	5,10	3	0,1
Pré montagem	10	30	4	6	0	0
Montagem	17	20	2	15	0	0
Ajustes finais	12	10	1	11	0	0
Extra	1	20	1	0,6	20	1
Total	72	182	12	60,80	32	1,2

Fonte: Autor (2025).

O Quadro 6 apresenta o comparativo referente à produção de portas de giro, permitindo identificar as melhorias propostas com a implementação do novo *layout*.

Quadro 6 - Comparativo de produção entre o *layout* atual e o proposto em portas de giro

Porta de Giro						
	Layout Antigo			Layout Proposto		
Processo	Tempo total (min)	Deslocamento (m)	Tempo de deslocamento (min)	Tempo total (min)	Deslocamento (m)	Tempo de deslocamento (min)
Corte	30	108	3	27,1	9	0,1
Estampo e usinagem	17	18	1	16,1	3	0,1
Pré montagem	11	30	4	7	0	0
Montagem	22	0	0	22	0	0
Ajustes finais	22	10	1	21	0	0
Extra	1	20	1	0,6	20	1
Total	103	186	10	93,8	32	1,2

Fonte: Autor (2025).

Conforme pode-se avaliar no Quadro 5 e no Quadro 6, o uso dos carros de aproximação teve como resultado uma diminuição no deslocamento nos processos de corte e estampo e usinagem, ligando as peças diretamente de um setor para o outro. Atualmente, o operador percorre em média 102 metros, em 4 minutos, para janelas de correr, e 126 metros, em 4 minutos, para portas de giro. Com a nova proposta, o deslocamento passará a ser de apenas 12 metros, realizados em 20 segundos.

Da mesma forma, com a melhoria das bancadas de montagem, o resultado foi uma diminuição no deslocamento nos processos de pré montagem, montagem e ajustes finais, evitando com que o funcionário se desloque entre a área de montagem e o estoque. No fluxo atual, o operador percorre 60 metros, em 6 minutos, para janelas de correr, e 50 metros, em 5 minutos, para portas de giro. Com a proposta, o deslocamento seria totalmente eliminado.

O tempo total médio de produção passou de 1 hora e 43 minutos para 1 hora, 34 minutos e 20 segundos nas portas de giro e de 1 hora e 12 minutos para 1 hora, 1 minuto e 20 segundos nas janelas de correr. As distâncias totais percorridas pelos operadores foram reduzidas em aproximadamente 122 metros para janelas de correr e 92 metros para portas de giro, e a movimentação interna tornou-se mais organizada, sem cruzamentos de fluxo entre materiais e pessoas. Vale ressaltar que o tempo de colocação dos vidros nas janelas de correr não foi incluído no cálculo do tempo total de produção, uma vez que essa atividade é realizada igualmente na obra. Assim, sua inclusão influenciaria apenas aspectos relacionados à ergonomia, qualidade e redução da carga logística no local de instalação, sem impactar diretamente o comparativo entre os *layouts*.

Estas melhorias estão alinhadas aos princípios da produção enxuta, priorizando a eliminação de desperdícios relacionados à movimentação e ao transporte de materiais. A nova configuração do arranjo físico contribui para a melhoria da segurança e para o desempenho produtivo na fabricação das esquadrias.

4.8 IDENTIFICAÇÃO DAS MELHORIAS OBTIDAS COM A PROPOSTA

A etapa de identificação das melhorias tem como objetivo comparar o desempenho do *layout* atual com os resultados esperados a partir da proposta de reorganização do espaço produtivo. Essa análise permite verificar como as alterações propostas contribuiriam para a eliminação de desperdícios encontrados. Para isso,

foram relacionados os principais problemas observados no arranjo físico existente e as respectivas soluções para a proposta de novo *layout*, destacando os ganhos potenciais.

O Quadro 7 relaciona os principais problemas identificados no *layout* atual com soluções propostas no novo arranjo físico.

Quadro 7 - Relação de melhorias a serem implementadas com o novo layout

Tipo de Desperdício	Problema Identificado	Solução Proposta	Benefício Esperado
Movimentação	Deslocamentos frequentes entre corte, montagem e estoque	Integração de corte e usinagem; <i>layout</i> funcional	Redução de 80% na distância percorrida
Transporte	Transporte individual de peças entre setores	Uso de carros de aproximação	Redução de tempo e risco de danos
Espera / Estoque	Interrupção da montagem para buscar acessórios e vedações	Criação de ponto de abastecimento próximo	Eliminação de paradas no processo
Processamento / Qualidade	Acúmulo de ferramentas e limalhas nas bancadas	Nova bancada com superfície vazada e painel de ferramentas	Maior limpeza, organização e ergonomia
Produto não conforme	Falta de inspeção e limpeza final	Inclusão da área de inspeção e padronização final	Redução de retrabalhos e aumento da qualidade
Transporte / Movimentação	Fluxo não linear e cruzamento de trajetos	Reorganização sequencial das áreas	Fluxo organizado e seguro

Fonte: Autor (2025).

A partir da relação entre problemas, soluções e benefícios esperados, observa-se que a reorganização do *layout* proposta atua diretamente na redução dos principais desperdícios identificados no ambiente produtivo. As melhorias acontecem tanto na parte operacional, como na redução de deslocamentos, diminuição de tempos improductivos e maior organização dos postos de trabalho.

CONCLUSÃO

O setor de esquadrias de alumínio tem se mostrado cada vez mais competitivo, por fatores como a crescente demanda da construção civil, e pela busca de produtos de alta durabilidade e estética. Para que as empresas de esquadrias de alumínio se mantenham competitivas, investir em projetos que melhorem a qualidade do produto e a eficiência operacional são fatores determinantes. Nesse contexto, o *layout* industrial entra como uma importante ferramenta, pois seu uso correto impacta na produtividade, ergonomia e qualidade do produto final.

O problema de pesquisa deste trabalho foi: “O quanto a implementação de um novo *layout* pode contribuir para a eficiência produtiva da empresa, reduzindo movimentações desnecessárias e otimizando o fluxo de materiais?” Os resultados mostraram que essa questão foi respondida, pois o novo arranjo físico reorganizou o fluxo de trabalho, aproximou etapas que antes estavam dispersas e eliminou cruzamentos e deslocamentos desnecessários. Com isso, o processo tornou-se mais organizado, refletindo em maior eficiência produtiva e melhor utilização do espaço, confirmando que a implementação do *layout* proposto contribuiu diretamente para solucionar o problema investigado.

Em relação às hipóteses apresentadas, a primeira afirmava que a reorganização do *layout* da indústria de esquadrias de alumínio permitiria melhor aproveitamento do espaço físico, com redução de deslocamentos e maior eficiência produtiva. Os resultados indicaram a confirmação dessa hipótese, uma vez que o arranjo físico proposto poderá eliminar trajetos cruzados, aproximar as etapas de corte, usinagem e montagem e reorganizar os estoques. A comparação entre os cenários atual e proposto apontou uma redução média estimada de aproximadamente 122 metros nos deslocamentos para janelas de correr e 92 metros para portas de giro, além de diminuição potencial do tempo total de produção em cerca de 13% e 9%, respectivamente, valores que podem variar conforme o colaborador responsável pela execução das atividades.

A segunda hipótese considerava que a reorganização do *layout* contribuiria para a padronização dos processos e melhoria da qualidade, reduzindo retrabalhos. Essa suposição também foi considerada confirmada, visto que o *layout* proposto poderá favorecer a organização do fluxo produtivo, delimitar melhor as etapas de trabalho e estruturar áreas específicas, como a bancada de montagem e o setor de

inspeção final. A utilização de bancadas e carros de aproximação padronizados tende a reduzir falhas e retrabalhos, embora os resultados também possam variar em função da forma de execução das atividades pelos colaboradores.

No que se refere aos objetivos específicos, todos foram alcançados ao longo do desenvolvimento do trabalho. O primeiro objetivo específico que tratava sobre o mapeamento dos processos atuais, foi realizado no tópico 4.2, com a elaboração do fluxograma das etapas produtivas. O segundo objetivo, analisar o *layout* atual da área produtiva, foi apresentado no tópico 4.3, onde o mapofluxograma e os tempos das operações permitiram evidenciar as limitações do arranjo existente. A identificação dos principais desperdícios, referente ao terceiro objetivo, foi alcançado conforme descrito no tópico 4.4, destacando problemas de movimentação, processamento e organização.

Em relação ao quarto objetivo, que era a definição do tipo de *layout* mais adequado para a empresa, foi alcançado como destacado no tópico 4.5, onde apontou o *layout* funcional como o mais compatível com as características da empresa. Quanto ao quinto objetivo específico, que era elaborar um mapofluxograma representando a nova proposta de *layout*, foi detalhado no tópico 4.6, resultando em redução de aproximadamente 80% nos deslocamentos desnecessários. Por fim, os impactos esperados e as melhorias obtidas, representando o último objetivo, foram descritos nos tópicos 4.7 e 4.8, demonstrando avanços significativos na eficiência, na segurança e na qualidade.

Os resultados alcançados mostram que a proposta de reorganização do *layout* proporcionou ganhos significativos de produtividade e eficiência. A integração entre as áreas de corte, usinagem e montagem, junto com a inserção de novos equipamentos permitiu a criação de um fluxo mais organizado, eliminando trajetos cruzados e reduzindo o tempo de deslocamento dos operadores. A implementação dos carros de aproximação e das novas bancadas de trabalho contribuiu para a redução da movimentação de peças e ferramentas. Além disso, a inclusão de uma área de limpeza e inspeção final garantiu maior controle de qualidade dos produtos acabados.

Dessa forma, a reorganização do *layout* da indústria de esquadrias de alumínio estudada é uma estratégia viável, capaz de promover aumento na eficiência produtiva e na competitividade do setor de esquadrias de alumínio. Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se o acompanhamento na implementação da proposta

estudada neste trabalho, com o intuito de que o estudante possa aplicar as metodologias de qualidade, ergonomia, gestão e organização aprendidas em aula.

REFERÊNCIAS

ABREU, J. A. de. **Análise comparativa entre o método multicritério e simulação discreta no estudo de layout de uma pequena indústria**. 2017. Dissertação de Mestrado. Engenharia de Produção, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), 2017. Disponível em: <<https://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-producao/wp-content/uploads/sites/13/2013/04/Dissertac%C3%A7a%C3%83o-Je%C3%83ssica-Abreu.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2025.

ABREU, R. A. **Perdas no Processo Produtivo**. 2002. Disponível em: <https://codecamp.com.br/artigos_cientificos/perdas_no_processo_produtivo.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2025.

AFEAL - ASSOCIAÇÃO DOS FABRICANTES DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO. **Esquadrias de Alumínio**. Disponível em: Disponível em: <<https://afeal.com.br>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

BARNES, R. M. **Estudo de Movimentos e Tempos**. Edgard Blucher, 6 ed., São Paulo. 1982.

BARNES, R. M. **Estudo de tempos e movimentos: projeto e medida de trabalho**. Edgard Blucher, São Paulo: 1977.

BATISTA, C. H. O. **Esquadria de alumínio e vidro: qualidade e crescimento na atualidade**. 2022. Disponível em: <<https://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/anais-semana-universitaria/article/view/2028/1540>>. Acesso em: 5 abr. 2025.

BENEVIDES, E. **Diagrama de Espaguete**. 2013. Disponível em <<https://www.administradores.com.br/artigos/diagrama-de-espaguete>>. Acesso em: 3 out. 2025

BERGER, D. A. **Proposta de layout para otimização de processos em uma empresa metalmecânica**. 2023. Monografia. Engenharia de Produção, Faculdade Horizontina, Rio Grande do Sul, 2023. Disponível em: <<https://fahor.com.br/publicacoes2/22-tfcs/tfcs-engenharia-de-producao/3062-tfcs-de-producao-outros?ano=2023>>. Acesso em: 15 mar. 2025.

BONATO, S. V.; ZIMMER, R; PEREIRA JR., E. F. Z. Otimização da mão de obra e definição do layout de uma linha de montagem de lixeiras. **Revista eletrônica de administração e turismo (ReAT)**, v. 13, n. 2, p. 37-52, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/AT/article/view/14774>>. Acesso em: 16 mar. 2025.

CASSEL, R. A. **Estudo do Layout**. 2019. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/393_seq_3_tipos_layout.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2025.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2017.

COUTINHO, T. **Aprenda quais são os 8 desperdícios do Lean Manufacturing!**. 2020. Disponível em: < <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/8-desperdicios-lean> >. Acesso em: 3 out. 2025.

COUTINHO, T. **O Diagrama de Espaguete atua como um grande aliado nos projetos de otimização de layout: O que é o Diagrama de Espaguete?** In: Voitto: Escola de negócios. SP, 9 dez. 2020. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/diagrama-de-espaguete>. Acesso em: 3 out. 2025.

DEGUIRMENDJIAN, S. C. **Lean healthcare:** aplicação do diagrama de espaguete em uma unidade de emergência. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos: UFSCar, 2016. 141 p.

DURAN, O.; BATOCCHIO, A. Na direção da manufatura enxuta através da J4000 e o LEM. **Revista Produção Online**, v. 3, n. 2, 2003. Disponível em: < <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/619/657> >. Acesso em: 6 out. 2025.

FAUSTINO, S.; ROQUE, A.; LEAL, S. **O papel da reestruturação de layout de uma empresa grossista na produtividade e satisfação dos colaboradores.** In: XXI Encuentro Internacional AECA, 2024. Disponível em: < <https://xxiencuentro.aeca.es/wp-content/uploads/2024/09/pdfs/22c.pdf> >. Acesso em: 15 mar. 2025.

FERREIRA, C. A. L. Pesquisa quantitativa e qualitativa: perspectivas para o campo da educação. **Revista Mosaico**, v. 8, n. 2, p. 173-182, 2015. Disponível em: < <https://seer.pucgoias.edu.br/index.php/mosaico/article/view/4424/2546> >. Acesso em: 30 mar. 2025.

FIEDLER, N. C.; WANDERLEY, F. B.; NOGUEIRA, M.; OLIVEIRA, J. T. da S.; GUIMARÃES, P. P.; ALVES, R. T. Otimização do layout de marcenarias no sul do espírito santo baseado em parâmetros ergonômicos e de produtividade. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.1, p.161-170, 2009. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rarv/a/WMhpLGyfWXYDPWFBGtZHh4t/> >. Acesso em: 16 mar. 2025.

FILHO, M. G.; CAMPOS, F. C.; ASSUMPÇÃO, M. R. P. Revisão sistemática da literatura com análise bibliométrica sobre estratégia e Manufatura Enxuta em segmentos da indústria. **Revista Gestão & Produção**, v. 23, n. 2, 2016. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/gp/a/CfnWSVjbFbMrJtLXWVHQ59c/?format=html&lang=pt> >. Acesso em: 06 out. 2025.

FLEXOLÍNEA. Carrinho para transporte de camisas. Disponível em: < <https://www.flexolinea.com.br/carrinho-transporte-camisas> >. Acesso em: 3 out. 2025.

FONTANINI, P. S. P. **Mentalidade enxuta no fluxo de suprimentos da construção civil:** aplicação de macro mapeamento na cadeia de fornecedores de esquadrias de alumínio. 2004. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas,

2004. Disponível em: < <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/334758> >. Acesso em: 31 ago. 2025.

GERLACH, G. **Proposta de melhoria de layout visando a otimização do processo produtivo em uma empresa de pequeno porte**. 2013. Monografia. Engenharia de Produção, Faculdade Horizontina (FAHOR), 2013. Disponível em: < https://fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Producao/2013/Pro_Gustavo.pdf >. Acesso em: 16 mar. 2025.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. Atlas, São Paulo, 2002.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 7. ed. Barueri: Atlas, 2022. 9786559771653. Disponível em: < [https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559771653/epubcfi/6/24\[%3Bvnd.vst.idref%3Dhtml12\]!/4/62\[sub_42\]/2](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559771653/epubcfi/6/24[%3Bvnd.vst.idref%3Dhtml12]!/4/62[sub_42]/2) >. Acesso em: 30 mar. 2025.

GUIMARÃES, T. S.; QUEIROZ, F. P. **A influência do planejamento sistemático de layout na melhoria do lead time dentro de um ambiente industrial**. XII FATECLOG, [s. l.], 2021. Disponível em: < https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/14254/5/20211S_Thiago%20Sobreira%20Guimar%c3%a3es_OD1113.pdf >. Acesso em: 5 abr. 2025.

JABBOUR, A. B. L. S.; TEIXEIRA, A. A.; FREITAS, W. R. S.; JABBOUR, C. J. C. Análise da relação entre manufatura enxuta e desempenho operacional de empresas do setor automotivo no Brasil. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 48, n. 4, p. 843-856, 2013. Disponível em: < https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0080210716303120?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=98a6789a8ce802df >. Acesso em: 06 out. 2025.

LAZZAROTTO, I. C. **Análise de desperdícios em uma fábrica de esquadrias de alumínio**. 2023. Monografia. Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Maria, 2023. Disponível em: < https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/29735/Lazzarotto_Ismael_Ceolin_2023_TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y >. Acesso em: 16 mar. 2025.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

LIMA, R. C. **Projeto de novo layout**. Estudo de caso em uma indústria de confecção. 2016. Monografia. Engenharia de Produção, Universidade de Brasília, 2016. Disponível em: < <https://core.ac.uk/download/pdf/196891753.pdf> >. Acesso em: 15 mar. 2025.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MORAES, D. G. de; FERREIRA, C. V.; SILVA, A. M. da. Otimização da produção utilizando programação linear: estudo de caso em uma indústria de esquadrias de alumínio. **Revista FATEC**, ISSN-e 2359-182X, v. 5, n. 4, 2019. Disponível em: < <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7330591> >. Acesso em: 5 abr. 2025.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

NASCIMENTO, L. S. et al. Estudo de Tempos e Movimentos no processo produtivo de uma organização do Ramo Alimentício. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, v. 2, n. 3, p. 121-132, 2014. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/38420/23523>>. Acesso em: 01 out. 2025.

NEUMANN, C.; SCALICE, R. K. **Projeto de fábrica e layout**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 862 p.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

OLIVEIRA FILHO, C. H. de. **Análise comparativa dos tipos de layouts e sua influência nas diferentes produções de indústrias de compensados de madeira**. 2024. Monografia, Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), 2024. Disponível em: <<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/35320/1/analiselayoutsproducoescompensados.pdf.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2025.

RAUPP, F. M., BAUREN, I. M. **Metodologia da pesquisa aplicável às Ciências Sociais**. In I. M. Beuren (Ed.), *Como Elaborar Trabalhos Monográficos em Contabilidade: Teoria e Prática* (3rd ed., pp. 76-97). São Paulo: Atlas, 2006. Disponível em: <https://www.geocities.ws/cienciascontabeisfecea/estagio/Cap_3_Como_Elaborar.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2025.

SANTOS, C. E.; OLIVEIRA, L. G. A. de; CARMO, L. de P. do; CASTRO, L. E. de; SANTOS, D. M. dos. **A importância do arranjo físico eficiente em fábricas de computadores: uma revisão bibliográfica**. In: 2º Seminário de Ensino e Extensão, 2024. Disponível em: <<https://revista.programagaia.com.br/index.php/ensinoextensao1/article/view/1924/458>>. Acesso em: 16 mar. 2025.

SILVA, A. L. da. **Desenvolvimento de um modelo de análise e projeto de layout industrial, em ambientes de alta variedade de peças, orientado para produção enxuta**. 2009. Tese de doutorado, Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-11122009-134838/publico/AlessandroLucasdaSilva.PDF>>. Acesso em: 16 mar. 2025.

SILVA, J. R. da; BARALDI, L. M. **Como o layout pode favorecer as vendas de lojas físicas**. In: III Workshop de Tecnologia da Fatec Ribeirão Preto, v.1, n.3, 2021. Disponível em: <<http://www.fatecrp.edu.br/worktec/edicoes/2021-1/trabalhos/iii-worktec-como%20layout%20pode%20favorecer%20as%20vendas%20de%20lojas%20fi%cc%81sicas.pdf>>. Acesso em: 5 abr. 2025.

VIEIRA, E. L.; CENCI, V. R. **Proposta de melhoria de layout em uma indústria de eletrônicos**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, IX, 2019, Ponta Grossa. Anais... Paraná: ConBRepro, 2019.

WALTER, O. M. F. C.; TUBINO, D. F. Métodos de avaliação da implantação da manufatura enxuta: uma revisão da literatura e classificação. **Revista Gestão & Produção**, v. 20, n. 1, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/gp/a/nvsYmt9C4mXXCQzXxqkhghQ/?lang=pt&format=html#>>. Acesso em: 6 out. 2025.

YIN, R. K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.