



## ANÁLISE DE VIABILIDADE DE AUTOMAÇÃO NO MÉTODO DE SELAGEM DO ASSOALHO EXTERIOR: ESTUDO DE CASO EM UMA MONTADORA DE VEÍCULOS

Álvaro Paz GRAZIANI<sup>1,2</sup>, Andréa Loureiro ANDRADE<sup>1</sup>, Paulo Dirceu Gonçalves BILLES<sup>3</sup>, Mariana PEIXOTO<sup>3</sup>, Leiliani Petri MARQUES<sup>3</sup>, Brayam Luiz Batista PERINI<sup>1</sup>, Dhyonatan Santos de FREITAS<sup>1</sup>, Kleber Aluizio Isidorio VAIZ<sup>1</sup>, Paulo de OLIVEIRA JUNIOR<sup>1</sup>, Giovani Silveira de Magalhães MARTINS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UniSENAI Joinville. Rua Arno Waldemar Döhler, 957 – 89219-510 – Santo Antônio, Joinville-SC.

<sup>2</sup> UniSociesc. R. Gothard Kaesemodel, 833 – 89203-400 – Anita Garibaldi, Joinville-SC.

<sup>3</sup> FTA – Faculdade de Tecnologia Assessoritec. R. Marquês de Pombal, 287 – 89227-110 – Iriirú, Joinville-SC.

### RESUMO

Este estudo analisa a viabilidade da automação do processo de selagem do assoalho exterior em uma montadora de veículos, visando a melhoria da qualidade, produtividade e ergonomia. Por meio de um estudo de caso, foram identificados problemas relacionados à variabilidade, tempo de ciclo e condições de trabalho, resultando em alta rotatividade de funcionários e impactos na saúde. A pesquisa propõe a implementação de um sistema robótico para aplicação do selante, com o objetivo de aumentar a precisão, reduzir erros e melhorar as condições de trabalho. Os resultados indicam que a automação pode trazer ganhos significativos em termos de qualidade, eficiência e bem-estar dos trabalhadores.

**Palavras-chave:** Selagem; Automação; Carroceria; Sistema robótico; Ergonomia.

### 1 INTRODUÇÃO

A indústria automotiva global busca constantemente aprimorar a eficiência e a qualidade dos processos de produção. Nos países em desenvolvimento, a busca por redução de custos pode incentivar a adoção de métodos manuais, especialmente em etapas como a selagem de carrocerias. No entanto, a selagem manual apresenta desafios significativos, incluindo a variabilidade na

qualidade da aplicação, o tempo de ciclo prolongado e as condições de trabalho ergonomicamente desfavoráveis. Esses fatores podem resultar em alta rotatividade de funcionários, problemas de saúde ocupacional e impactos negativos na produtividade.

A automação, por meio da implementação de sistemas robóticos, surge como uma solução promissora para aprimorar o processo de selagem. A utilização de robôs pode aumentar a precisão e a consistência da aplicação do selante, reduzir o tempo de ciclo e melhorar a ergonomia do posto de trabalho.

Este estudo tem como objetivo analisar a viabilidade da automação do processo de selagem do assoalho exterior em uma montadora de veículos, investigando seus potenciais benefícios em termos de qualidade, produtividade e saúde dos trabalhadores. A pesquisa utiliza um estudo de caso para analisar os desafios da selagem manual e explorar as possibilidades da automação com robôs.

## **2 SISTEMA VEICULAR**

### **2.1 Plataforma de veículos**

A definição de plataforma em engenharia automotiva abrange um conjunto integrado de sistemas e componentes conectados fisicamente (MUFFATO, 1999). Em termos simples, uma plataforma engloba todos os elementos essenciais do veículo, como motorização, suspensão e as partes interna e externa do assoalho.

O assoalho, conforme descrito por Fischer e Gscheidle (2014), consiste em uma estampagem de chapa metálica, que frequentemente incorpora estampagens menores soldadas, formando a base do veículo. Esta estrutura, como destacado por Paralikas *et al.* (2011), desempenha um papel crucial ao suportar e conectar diversas peças automotivas vitais, como motor, transmissão e suspensão, contribuindo significativamente para a rigidez do veículo e influenciando sua forma e comprimento final.

Existem dois principais tipos de projetos de estrutura de assoalho: integral e modular. Em um projeto integral, como observado por Paralikas *et al.* (2011), a estrutura é caracterizada por uma complexidade considerável, o que significa que qualquer alteração em um componente afetará partes adjacentes. Isso limita as opções de *design* e variabilidade na linha de montagem. Por outro lado, um projeto modular envolve a divisão do assoalho em módulos, como as chapas frontal, intermediária e traseira. Esta abordagem permite a criação de variantes alternativas na estrutura

do veículo, facilitando modificações e retrabalhos sem grandes impactos no projeto final. O assoalho modular é considerado uma plataforma flexível para a criação de diferentes variantes de carroceria em termos de *design* e tamanho (PANDREMENOS *et al.*, 2009).

## 2.2 Montagem de Veículos

A Indústria Automotiva pode ser classificada em três principais métodos de produção: Produção Artesanal, Produção em Massa e Produção Enxuta (WOMACK, *et al.*, 1992). A Produção Artesanal, baseada em trabalhadores altamente qualificados e ferramentas simples, foi predominante no século XIX, com um processo manual e centralizado em oficinas.

A introdução da linha de montagem móvel pela Ford em 1913 marcou o início da Produção em Massa, caracterizada pela intensificação, economia e produtividade (CHIAVENATO, 2001). Gounet (1999) destaca as transformações significativas na indústria automotiva sob este modelo, incluindo a redução de custos, simplificação de movimentos, padronização de componentes e automação de processos.

A fusão dos métodos anteriores resultou na Produção Enxuta, promovida por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno no Japão, visando fluxos produtivos mais eficientes, eliminação de atividades redundantes e redução de custos de estocagem (WOMACK *et al.*, 2004).

O leiaute padrão de uma montadora automotiva inclui quatro etapas: estamparia, carroceria, pintura e montagem, como descrito por Michalos *et al.* (2010). Enquanto a montagem é onde a maioria das operações é concluída, a automação é mais comum nas fases de estamparia e fabricação da carroceria. Quanto aos sistemas de montagem, quatro técnicas amplas são identificadas: manual, flexível, semiautomática e fixa, cada uma com características de desempenho distintas (KUHNE, 2007).

Essas diferentes abordagens de produção e montagem têm implicações significativas no volume de produção, variedade de modelos, tamanhos de lotes e flexibilidade geral do processo de fabricação automotiva.

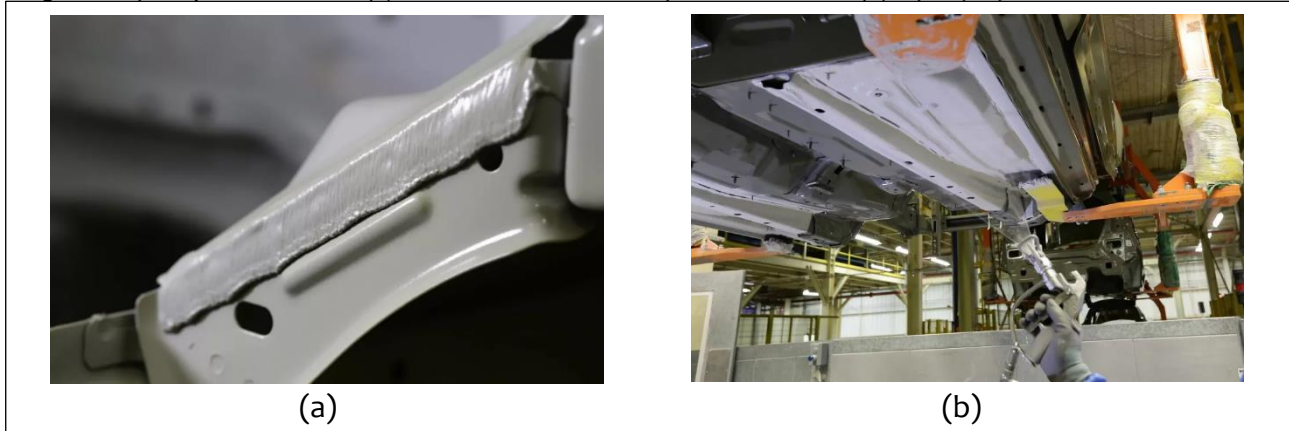
## 2.3 Selagem Automotiva

Na soldagem da estrutura do veículo, as chapas metálicas são sobrepostas e soldadas utilizando o método de solda ponto, como afirmado por Streitberger e Dossel (2008). Para prevenir a corrosão na lataria do veículo, é crucial selar adequadamente as costuras de solda, onde o selante

de Policloreto de Polivinila (PVC), também conhecido como PVC, é aplicado.

A aplicação do selante é realizada em duas formas distintas, conforme descrito por Akafuah *et al.* (2016). Primeiro, é aplicado em formato de cordão nos pontos de solda nas chapas metálicas (Figura 1a). Em seguida, é aplicado em formato de *spray* em todo o assoalho externo do veículo (na Figura 1b), com o objetivo de prevenir a corrosão na estrutura e reduzir o ruído e vibração dos componentes do carro, como motor, suspensão e pneus.

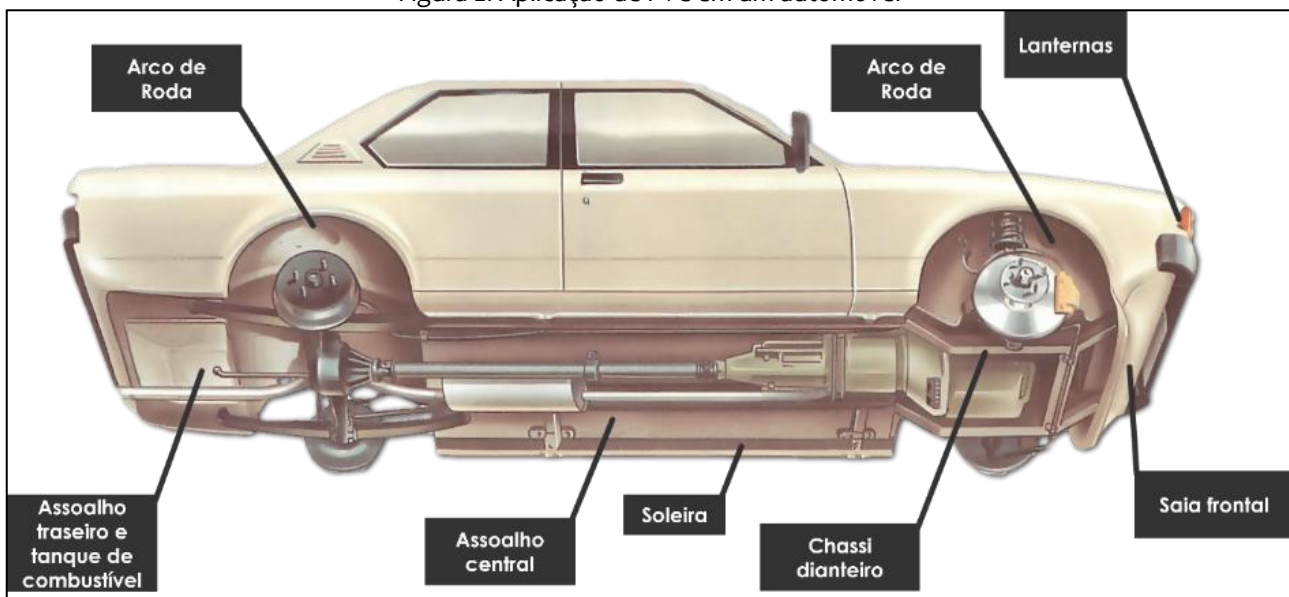
Figura 1. Aplicação do selante. (a) Formato de cordão em pontos de solda. (b) Tipo *spray* no assoalho do veículo.



Fonte: Sika Automotive (2023)

Akafuah *et al.* (2016) mencionam que o selante de PVC é aplicado no conjunto das chapas metálicas da parte frontal, intermediária e áreas externas do arco de roda traseira e dianteira, podendo ser utilizado no interior de peças como portas, capô, porta-malas e soleiras (Figura 2).

Figura 2. Aplicação de PVC em um automóvel



Fonte: How A Car Works (2023).

Essa aplicação cuidadosa do selante de PVC desempenha um papel fundamental na proteção da estrutura do veículo contra a corrosão e na minimização do ruído e vibração, contribuindo para a qualidade e durabilidade do automóvel.

## 2.4 Automação

A automação na indústria refere-se à utilização de sistemas e tecnologias para controlar e operar processos de produção de forma automática, sem intervenção humana direta (BARBOSA, 2019). Isso envolve a aplicação de equipamentos, dispositivos e *software* para realizar tarefas repetitivas, monitorar processos, coletar dados e tomar decisões baseadas em lógica pré-programada.

O principal objetivo da automação é aumentar a eficiência, produtividade, qualidade e segurança dos processos industriais, além de reduzir custos e tempo de produção, como também aponta Barbosa (2019). Essa abordagem pode variar desde tarefas simples, como acionamento automático de máquinas, até sistemas complexos de controle de processos em indústrias químicas, refinarias de petróleo e fábricas de automóveis.

No contexto do processo de selagem em carrocerias de veículos, a automação desempenha um papel crucial na melhoria da eficiência, precisão e velocidade do processo de vedação (ROSA *et al.*, 2015). Ela visa reduzir a intervenção humana, minimizar erros e garantir a qualidade e integridade da vedação das carrocerias, essencial para evitar a entrada de água, poeira, ruídos indesejados e melhorar a resistência à corrosão.

A automação no processo de selagem representa uma aplicação importante na indústria automotiva, trazendo ganhos significativos em termos de tempo e redução de custos. No Quadro 01, são apresentadas algumas etapas do processo de selagem passíveis de automatização. Essa automação proporciona melhorias significativas na eficiência e qualidade do processo de selagem, contribuindo para a excelência na fabricação de veículos automotores.

Quadro 1. Etapas do processo de selagem passíveis de automatização.

<b>Preparação dos materiais</b>	A automação pode ser aplicada na preparação dos materiais utilizados na vedação, que em nosso cenário é aderente ao selante. Sistemas automatizados podem dosar e aplicar os materiais de maneira precisa e consistente, garantindo a quantidade adequada em cada ponto de vedação.
<b>Robôs de vedação</b>	A aplicação de braços robóticos automatizados será utilizada para realizar a aplicação dos materiais de vedação de forma automatizada. Esses robôs são programados para seguir trajetórias precisas e aplicar o adesivo ou selante nos pontos de vedação determinados, programados conforme cada modelo de veículo fabricado na planta fabril. Isso garantirá uma aplicação uniforme e consistente em toda a carroceria, minimizando erros e inconsistências.
<b>Sistema de visão</b>	A automação também pode envolver o uso de sistemas de visão computacional para verificar a qualidade da aplicação do material de vedação. Câmeras e sensores podem ser usados para inspecionar se a quantidade e a distribuição do material estão corretas, identificando qualquer falha ou excesso de vedação. Caso sejam detectados problemas, o sistema automatizado pode acionar alertas e corrigir o processo.
<b>Unidades de cura</b>	Após a aplicação dos materiais de vedação, eles precisam passar por um processo de cura para obter a resistência adequada. A automação pode ser empregada no controle e monitoramento das unidades de cura, como fornos ou lâmpadas de UV. Sistemas automatizados podem controlar a temperatura, o tempo de cura e outros parâmetros para garantir que os materiais sejam adequadamente curados. Neste ponto existe uma ressalva, visto que nosso tema se limita unicamente a automatização do processo de <i>sealing</i> e não se estende as etapas posteriores.
<b>Integração com a linha de produção</b>	A automação na vedação das carrocerias pode e deve ser integrada com outras etapas da linha de produção, permitindo a sincronização eficiente e precisa dos processos, garantindo uma produção contínua e otimizada.

Fonte: ROSA et al. (2015).

## 2.5 Tempos e métodos

O estudo de tempos e métodos tem suas raízes nos trabalhos pioneiros de Frederick Taylor em 1881 e do casal Gilbreth em 1885 (DIANIN, 2008). Enquanto os Gilbreths enfatizavam a busca pela melhor maneira de executar uma atividade, Taylor introduziu o estudo de tempos, amplamente utilizado na determinação de tempos-padrão (BARNES, 1977).

A padronização dos métodos de trabalho é fundamental nesse contexto, garantindo que as atividades sejam realizadas consistentemente (GASPAR, 2016). O estudo de métodos visa identificar o melhor método de trabalho, otimizando os movimentos manuais e reduzindo os movimentos desnecessários (LIDÓRIO, 2008).

Esses princípios, baseados na economia dos movimentos, consideram os diferentes tipos de movimentos envolvidos na operação, analisando sua necessidade e o impacto físico causado (LIDÓRIO, 2008). Barnes (1977) delinea os objetivos do estudo de tempos e métodos, incluindo o desenvolvimento do método preferido com menor custo, padronização desse método e determinação do tempo necessário para sua execução.

Segundo Cunha (2012), o estudo de tempos consiste em analisar detalhadamente uma operação específica para estabelecer o tempo necessário para sua execução eficaz. É essencial utilizar o estudo de tempos e métodos em conjunto, uma vez que não é possível estabelecer um

tempo-padrão sem identificar o método adequado para a execução da tarefa.

O Quadro 02 detalha as técnicas do estudo de tempos e movimentos, proporcionando uma visão mais abrangente dessas práticas fundamentais na gestão eficiente do trabalho.

Quadro 2. Combinação de técnicas do estudo de tempos e movimentos.

TIPOS	A	B	C	D	E
Projeto de métodos achando o método preferido – a maneira mais econômica de se considerarem	Análise do processo	Análise do processo	Análise do processo	-----	-----
o Métodos	Estudo completo dos micros movimentos da operação	Estudo de movimentos	Estudo de movimentos	Estudo de movimentos	Estudo de movimentos
o Materiais	Aplicação dos princípios da economia dos movimentos	Análise detalhada por therbligs	Análise detalhada dos elementos	Análise superficial	Análise superficial
o Equipamentos e ferramentas					
o Condições de trabalho	Aplicação dos princípios de economia de movimentos	Aplicação dos princípios de economia de movimentos	Aplicação dos princípios de economia de movimentos	Aplicação dos princípios de economia de movimentos	Aplicação dos princípios de economia de movimentos
Padronização de	Padronização da operação	Padronização da operação	Padronização da operação	Padronização da operação	Padronização da operação
o Métodos	Registro do método padronizado	Registro do método padronizado	Registro do método padronizado	Registro do método padronizado	Registro do método padronizado
o Materiais	Folha de instrução	Folha de instrução	Folha de instrução	Folha de instrução	Folha de instrução
o Equipamentos e ferramentas	Filme dos movimentos do método melhorado	Filme dos movimentos do método melhorado	Filme dos movimentos do método melhorado	Filme dos movimentos do método melhorado	Filme dos movimentos do método melhorado
o Condições de trabalho					
Medida do trabalho	1. Estudo de tempos	1. Estudo de tempos	1. Estudo de tempos	1. Estudo de tempos	1. Estudo de tempos
Determinação do tempo - padrão	2. Estudo dos micros movimentos	2. Dados de tempo padrão	2. -----	2. -----	2. -----
	3. Dados de tempo padrão	3. Alguns therbligs	3. -----	3. -----	3. -----
	4. Alguns therbligs	4. Alguns elementos	4. -----	4. -----	4. Alguns therbligs
	5. Alguns elementos	5. Dados de tempos-padrão completos	5. -----	5. -----	5. Alguns elementos
	6. Dados de tempos-padrão completos	6. Dados de movimentos e de tempos	6. -----	6. -----	6. Dados de tempos-padrão completos
	7. Dados de movimentos e de tempos	7. Fórmulas	7. -----	7. -----	7. Dados de movimentos e de tempos
	8. Fórmulas	8. Amostragem do trabalho			
	9. Amostragem do trabalho				
Treinamento do operador	Em departamento de treinamento separado ou no próprio local de trabalho	Em departamento de treinamento separado ou no próprio local de trabalho	No próprio local de trabalho	No próprio local de trabalho	No próprio local de trabalho
	Filme dos movimentos	Folha de instruções			
	Folha de instruções				
Aplicação do incentivo salarial	Não faz parte do estudo de tempos e métodos, mas frequentemente o acompanha				

Fonte: Barnes (1977, p. 23).

### 3 METODOLOGIA

O capítulo descreve os procedimentos metodológicos adotados no estudo, bem como a coleta de dados realizada. A pesquisa é caracterizada como um estudo de caso com objetivo exploratório, envolvendo a obtenção de dados de natureza qualitativa e quantitativa em campo.

A pesquisa foi conduzida em uma empresa multinacional do setor automotivo localizada em



Santa Catarina, conhecida por produzir cerca de 10 mil veículos anualmente, com ênfase na flexibilidade de produção, qualidade e satisfação do cliente. A estrutura da empresa é composta por quatro grandes departamentos principais: carroceria, pintura, logística e montagem, com o estudo concentrado no processo de selagem dos veículos no departamento de pintura.

A linha de selagem é composta por dez estações de trabalho e 16 operadores, com um tempo de ciclo de trabalho de 830 segundos. A aplicação do selante no assoalho da carroceria é realizada por apenas duas estações e seis operadores, enquanto as demais estações são destinadas à inserção de gabaritos, fixação de plugues, mantas de isolamento acústico, entre outros materiais de preparação. Após a aplicação, o veículo é limpo e encaminhado para o forno para secagem.

Durante todo o processo de selagem do assoalho exterior, o veículo é elevado a aproximadamente 1,80 metros do chão por hastes de elevação, e o operador se posiciona com os braços para cima para realizar a aplicação do selante com uma pistola semiautomática (Figura 3).

Figura 3. Processo de selagem manual.



Fonte: Os autores (2024).

### 3.1 Etapas da pesquisa

O processo de pesquisa começou com uma visita ao prédio da pintura para observar o processo de selagem do assoalho e conversar com os operadores para obter uma compreensão

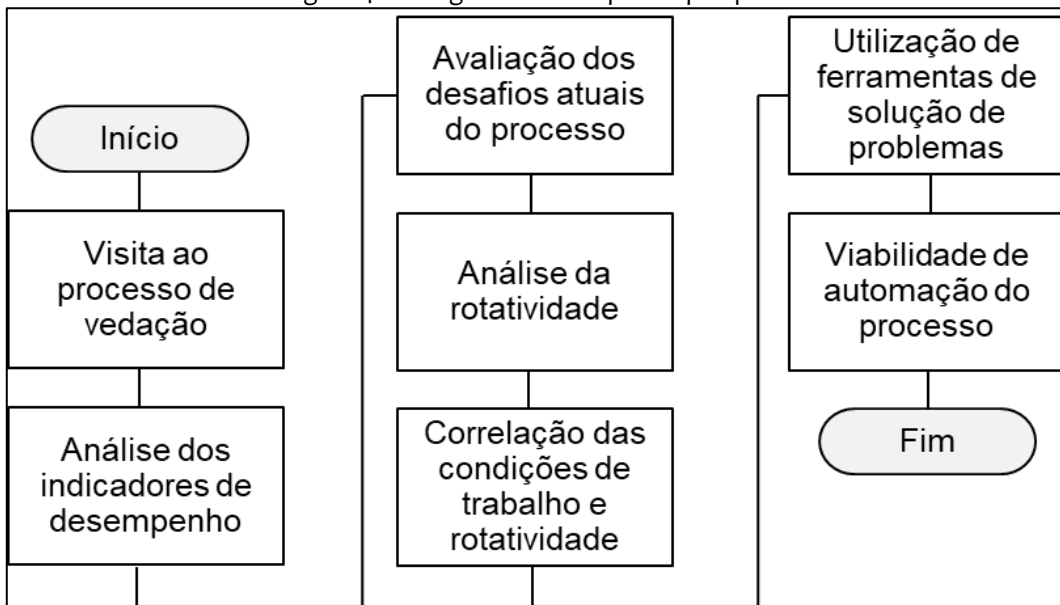


completa do processo. Em seguida, os principais indicadores de desempenho e qualidade do processo foram analisados, juntamente com a gestão e planejadores, para identificar desafios atuais.

Em conjunto, foram examinadas as condições ergonômicas, a saúde ocupacional dos operadores e a rotatividade dos trabalhadores no ano de 2022. A última etapa envolveu correlacionar a rotatividade dos trabalhadores com as condições de trabalho, utilizar ferramentas como os "5 Porquês" e o Diagrama de Causa e Efeito para identificar problemas de qualidade e produtividade, e analisar a viabilidade de automação no método de selagem do assoalho exterior.

No fluxograma apresentado na Figura 4, são ilustradas as etapas da pesquisa, destacando a sequência de atividades realizadas ao longo do processo de investigação.

Figura 4. Fluxograma das etapas da pesquisa.



Fonte: Os autores (2024).

Este fluxograma proporciona uma visão clara e organizada das etapas seguidas na pesquisa, desde a visita inicial ao prédio da pintura até a análise de viabilidade de automação, auxiliando na compreensão do processo de investigação.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta as etapas da pesquisa que foram realizadas após a visita às instalações fabris.

#### 4.1 Variáveis do processo de selagem

A investigação meticulosa conduzida durante o estudo revelou uma gama de desafios inerentes ao processo de aplicação do PVC, cujas ramificações podem comprometer a eficácia da vedação do assoalho automotivo e, por conseguinte, sua durabilidade a longo prazo. A precisão e uniformidade da aplicação do selante são cruciais não apenas para garantir a integridade funcional da vedação, mas também para salvaguardar a estética global do veículo. Durante a visita ao local de estudo e os diálogos estabelecidos com os operadores, foram identificados os seguintes desafios preponderantes:

- Discrepâncias na aplicação do cordão de selante, culminando em incoerências na eficácia da vedação.
- Variações na espessura da camada de pulverização de PVC, suscitando preocupações quanto à solidez da vedação.
- Ocorrência de fissuras ou bolhas no PVC após o processo de secagem, ameaçando comprometer a integridade da vedação.
- Escassez de material, acarretando interrupções operacionais e possíveis irregularidades na aplicação do selante.
- Inadequações no tempo de ciclo, exercendo influência direta sobre a qualidade e a eficiência do processo.
- Desafios ergonômicos enfrentados pelos operadores durante a execução das tarefas.
- Taxa de rotatividade de pessoal, impactando na consistência e expertise da mão de obra envolvida.
- Absenteísmo resultante de afastamentos médicos, afetando a continuidade e produtividade do processo.

É digno de nota que, em virtude da complexidade inerente e natureza manual do processo, muitas dessas falhas são atribuíveis a fatores humanos, e algumas somente se tornam evidentes em fases posteriores do processo produtivo, como na etapa de pintura ou na montagem final do veículo. Tais irregularidades, se não corrigidas, podem acarretar consequências graves, inclusive na perda total do veículo em situações extremas.

Um exemplo paradigmático de defeito de qualidade é a infiltração de água na carroceria,

indicativo incontestável de falhas no processo de vedação. Infelizmente, tais anomalias frequentemente passam despercebidas durante a produção e só são detectadas durante os testes de estanqueidade finais, imediatamente antes da comercialização do veículo.

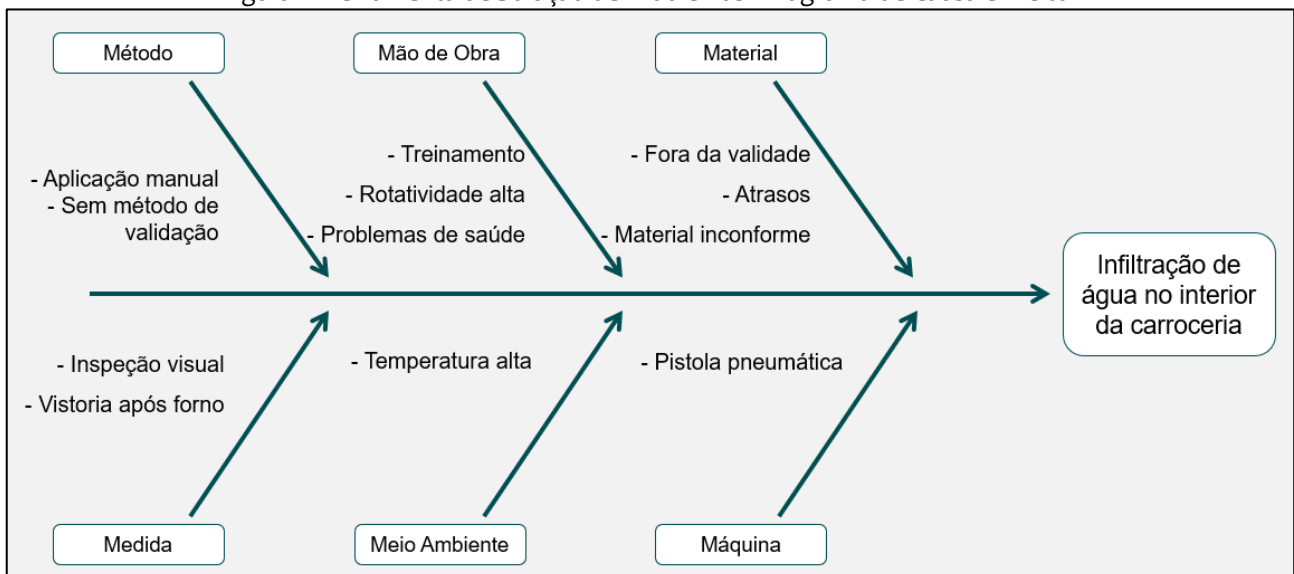
Para uma análise mais abrangente das variáveis intrínsecas ao processo de vedação, recorreu-se à aplicação das ferramentas de solução de problemas conhecidas como "5 Porquês" e o Diagrama de Causa e Efeito, concentrando-se especificamente na infiltração de água na carroceria. As Figuras 5 e 6 oferecem uma exposição detalhada da aplicação dessas ferramentas, evidenciando a complexidade subjacente ao processo de vedação e a necessidade de aprimoramentos na área visando otimizar a qualidade e a eficiência do processo produtivo.

Figura 5. Ferramenta de Solução de Problemas - 5 Porquês.

1. Porquê	2. Porquê	3. Porquê	4. Porquê	5. Porquê
- Infiltração de água no interior da carroceria	- Baixa camada de PVC - Falta de aplicação - Bolha de ar - Fissura no cordão	- Aplicação manual - Erro operacional - Temperatura do forno inadequada - Material (PVC) com anomalias	- Investimento alto - Desgaste físico - Falta de inspeção da temperatura - Entrega tardia	- Operadores trabalham de pé e com os ombros erguidos - Operador não realizou o checklist - Material parado no porto

Fonte: Os autores (2024).

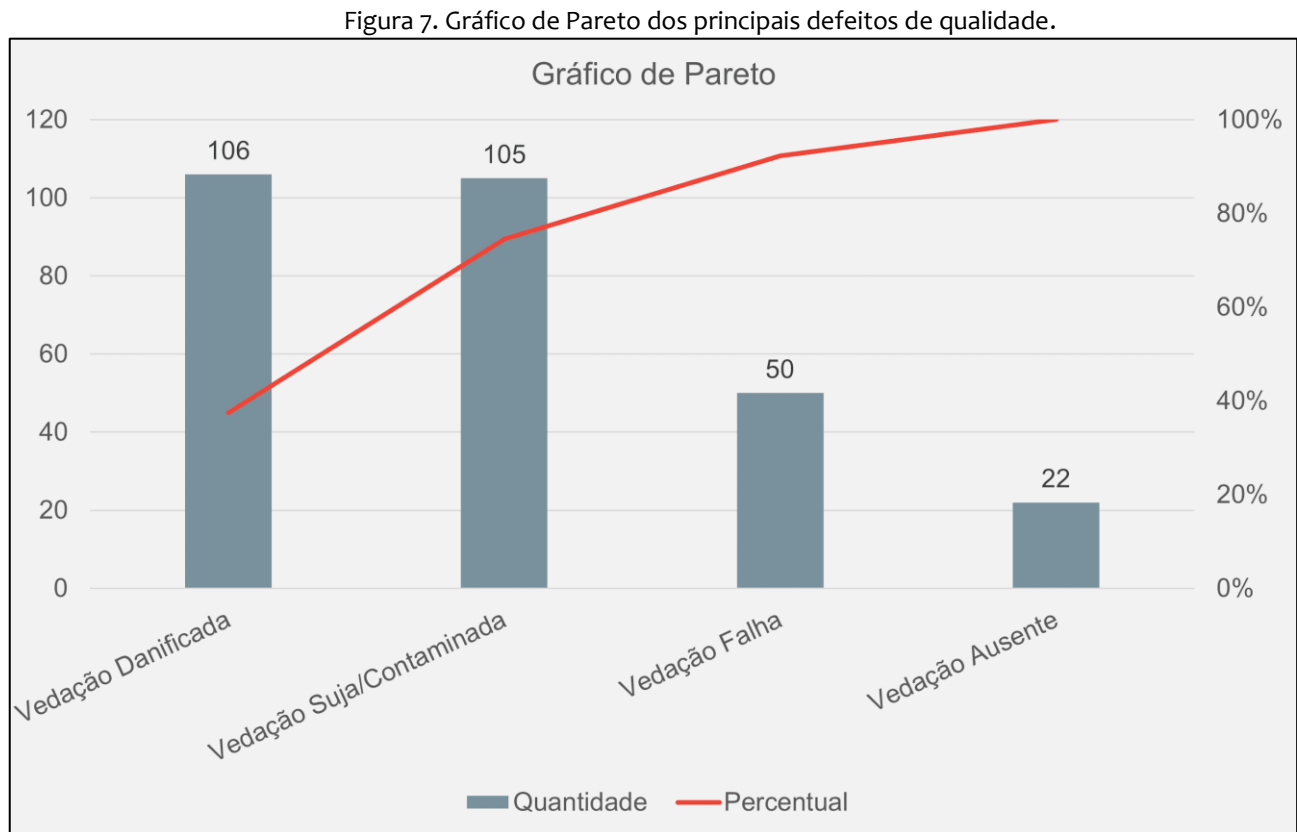
Figura 6. Ferramenta de Solução de Problemas - Diagrama de Causa e Efeito.



Fonte: Os autores (2024).

## 4.2 Análise dos Indicadores de desempenho

Analisando os indicadores de desempenho de qualidade e produtividade, os principais defeitos identificados foram elencados na Figura 7, referente ao período de janeiro a maio de 2023.



Fonte: Os autores (2024).

Durante o período em análise, um total de 283 defeitos foram registrados, resultando em um tempo total de retrabalho de aproximadamente 5,83 horas para a correção desses problemas. Observa-se que os dois principais defeitos identificados foram a vedação danificada e a vedação suja ou contaminada. Notavelmente, o defeito de vedação ausente foi o menos recorrente, apesar de ser o principal responsável pela infiltração de água no veículo, conforme discutido anteriormente.

## 4.3 Análise de Rotatividade e o impacto ergonômico

A alta rotatividade de funcionários na área de selagem despertou preocupações significativas ao longo dos anos de 2021 e 2022. Com um índice alarmante que chegou a 80% nesse

período, toda a equipe de trabalho teve que ser substituída devido às condições ergonômicas exigidas pelo método de selagem atualmente empregado.

De acordo com dados obtidos por meio de pesquisas e análises médicas, identificou-se que três operadores precisaram submeter-se a cirurgias no ombro devido ao esforço extremo demandado pela atividade. Após o retorno ao trabalho, esses operadores foram realocados para outras funções. Ao longo desses dois anos, registrou-se um total de quatro casos em que operadores deixaram a empresa em razão de queixas relacionadas às condições de trabalho.

#### **4.4 Melhorias para o processo de selagem**

Na busca por maior eficiência e produtividade no método de selagem, a automação emerge como a principal proposta de melhoria. O objetivo do grupo é a implementação de um sistema automatizado de braços robóticos para a aplicação do selante, tanto no assoalho exterior quanto no interior do veículo. Esse sistema de robôs seguiria uma programação específica para cada modelo de veículo, aplicando o material de selagem nos pontos determinados, garantindo uma aplicação uniforme e livre de falhas.

Esses sistemas robóticos são compostos basicamente por junções análogas aos ossos humanos e juntas semelhantes às articulações, com extremidades engastadas e a ferramenta aplicadora acoplada ao final. Essa estrutura possibilita uma ampla mobilidade, semelhante ao desempenho humano, porém com extrema precisão.

A programação dos robôs é realizada gravando a localização dos pontos de aplicação no sistema de coordenadas, determinando a trajetória a ser percorrida. Essa trajetória pode variar de acordo com o tipo de robô e aplicação escolhidos. Além disso, são definidas a velocidade e o tipo de trabalho a ser realizado com o aplicador.

Além dos robôs, outros elementos são essenciais para a formação do sistema de automação. Para determinar o posicionamento, por exemplo, são utilizados sensores de proximidade, capazes de detectar a aproximação de um objeto sem a necessidade de contato físico. Controladores lógicos programáveis (CLPs) são empregados para facilitar a programação e a comunicação entre os componentes envolvidos.

Essa proposta pode ser ainda ampliada com a automatização da preparação dos materiais, permitindo a dosagem ideal do selante aplicado na produção diária do modelo de veículo. Adicionalmente, sistemas de câmeras e sensores podem ser integrados para inspecionar as

aplicações de selante, garantindo a qualidade e detectando imperfeições ou falhas.

Com a implementação dessa proposta, as perdas atuais do processo e os desafios enfrentados seriam eliminados. Os custos com exames médicos, planos de saúde e contratação de novos funcionários poderiam ser direcionados para a implementação do projeto, enquanto a rotatividade causada por lesões durante a atividade seria reduzida. O Quadro 3 evidencia que a automação tornaria o processo mais eficiente, proporcionando ganhos significativos a longo prazo.

Quadro 3. Ganhos na automação no processo de selagem.

Ganhos	Resultados
<b>Tempo</b>	- Redução no tempo de aplicação sendo 50% menor que aplicação manual;
<b>Saúde</b>	- Redução do desgaste físico dos colaboradores; - Diminuição nos afastamentos; - Rotatividade de profissionais.
<b>Financeiro</b>	- Preparação e aplicação do material em quantidades corretas; - Redução dos custos com tratamentos médicos, afastamentos e mão de obra extra. - - - Aproximadamente R\$ 100.000,00 nos últimos 2 anos.
<b>Qualidade</b>	- Aplicação nos pontos exatos, conforme previsto previamente em projeto; - Inspeção da aplicação via câmeras e sensores;

Fonte: Os autores (2024).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais deste estudo destacam a análise da viabilidade de automação no processo de selagem do assoalho exterior de veículos em uma empresa do ramo automotivo. O objetivo foi avaliar os principais desafios e propor melhorias para esse método.

Após uma análise abrangente dos indicadores de qualidade e produtividade, ficou evidente que a automação se apresenta como uma solução viável para aprimorar o processo de selagem. Os resultados revelaram uma alta incidência de defeitos, principalmente relacionados à aplicação inadequada do selante, resultando em retrabalho e comprometendo a qualidade final do produto.

Além disso, a precariedade ergonômica da área de selagem contribuiu para uma rotatividade significativa de funcionários, devido aos impactos na saúde dos trabalhadores. Essa alta rotatividade tem custos elevados para a empresa, tanto em termos financeiros quanto em termos de qualidade e eficiência do processo.

Diante desses desafios, a proposta de automação por meio de sistemas robotizados surge como uma alternativa promissora. Esses sistemas podem garantir uma aplicação precisa e uniforme do selante, reduzindo os defeitos e o tempo de produção. Além disso, a automação pode melhorar as condições de trabalho dos operadores, eliminando o esforço físico excessivo e

reduzindo os riscos de lesões ocupacionais.

Embora a proposta de automação não tenha sido implementada durante o período da pesquisa, sua viabilidade foi comprovada e será discutida com a gestão da empresa para possível implementação futura. Este estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre processos de automação na indústria automotiva e destaca a importância de investimento em tecnologias inovadoras para melhorar a qualidade, eficiência e segurança dos processos produtivos.

## REFERÊNCIAS

5 estratégias para implementar a indústria 4.0 na sua fábrica. **Tecológica**, 2018. Disponível em: <https://www.teclogica.com.br/implementar-a-industria-4-0-na-fabrica>. Acesso em: 10 de jun. de 2023.

AKAFUAH, N., POOZESH, S., SALAIMEH, A., PATRICK, G., LAWLER, K., & SAITO, K. (2016). **Evolution of the Automotive Body Coating Process - A Review**. *Coatings*, 6 (2), 24.

APPLYING underbodysealant. **How A Car Works**, 2023. Disponível em: <https://www.howacarworks.com/bodywork/applying-underbody-sealant>. Acesso em: 19 jun. 2023.

BARBOSA, Mateus Filipe Alves. **Indústria 4.0 Aplicada À Linha De Montagem Automobilística: Veículos Médios E Pesados**. Ouro Preto, 2019.

BARNES, R. M. **Estudos dos movimentos e dos tempos: Projeto e medida do trabalho**. 1977.

BMW aumenta produção na fábrica em Araquari (SC). **Revista Carro**, 2021. Disponível em: <https://revistacarro.com.br/bmw-aumenta-producao-na-fabrica-em-araquari-sc/>. Acesso em: 19 jun. 2023.

CARVALHO, Isadora **Como funciona uma linha de montagem de automóveis?** Quatro Rodas, 2021. Disponível em: <https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/como-funciona-uma-linha-de-montagem-de-automoveis>. Acesso em: 07 jun. 2023.

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução a teoria geral da administração**. Rio de Janeiro, 2000.

CRAIG, John J. **Introduction to Robotics: Mechanics and Control**. 3. ed. Prentice Hall, 2005.

CUNHA, O. M. C. **Implementação da metodologia 5S e análise de tempos e métodos numa linha de montagem de carroçarias**. 2012.

DIANIN, A. H. **Estudos de tempos e métodos** – Uma visão estatística voltada a confecção industrial. Maringá, 2008.

FISCHER, R. & GSCHIEDLE T. *et al.* (2014). **Arbeitsblätter Kraftfahrzeugtechnik Lernfelder 1-4**. Haan-Gruiten: Europa-Lehrmittel.



- GASPAR, V. L. M. **Análise de tempos e métodos numa linha de produção de autocarros.** 2016.
- GOUNET, Thomas. **Fordismo e Toyotismo na Civilização do Automóvel.** São Paulo: Boitempo Editorial, 1999.
- KUHNE, T. **The Complex Use of Clinching and Clinch Bonding in Mix Material Design,** in: *Proceedings of the Car Body Hang-Ons - 8th European Automotive Meeting (Bad Nauheim Frankfurt)*, 2007.
- LIDÓRIO, C. F. **Tecnologia da confecção.** Araranguá, 2008.
- LIMA, H. L. **Sensores Indutivos.** Departamento de Engenharia Elétrica, UFRN.
- MIAZAKI, A. A. P. **CLP - Controladores Lógico Programáveis.** São Paulo: USP, 2010.
- MICHALOS, G., MAKRIS, S., PAPAKOSTAS, N., MOURTZIS, D., & CHRYSSOLOURIS, G. Automotive assembly technologies review: challenges and outlook for a flexible and adaptive approach. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v. 2 n. 2, p. 81–91, 2010.
- MUFFATTO, M.; ROVEDA, M. Developing product platforms: analysis of the development process. **Technovation**, v. 20, p. 617–630, 2000.
- PANDREMENOS, J.; PARALIKAS, J.; SALONITIS, K.; CHRYSSOLOURIS, G. Modularity Concepts for the Automotive Industry: A Critical Review. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v. 1, p. 148–152, 2009.
- PARALIKAS, J.; FYSIKOPOULOS, A.; PANDREMENOS, J.; CHRYSSOLOURIS, G. Product modularity and assembly systems: An automotive case study. **CIRP Annals**, v. 60 n. 1, p. 165–168, 2011.
- ROSA, R.; SOUSA, J.; KENCHIAN, G. Renovação de células automatizadas aplicadas à vedação e proteção contra batida de pedras na lataria de veículos. **Sinergia**, v. 16, n. 2, p. 91-98, 2015.
- STREITBERGER, H.; DOSSEL, K. (ed.). **Automotive paints and coatings.** John Wiley & Sons, 2008.
- TAKATA, A.; OHASHI, Y. **Post PVC Sound insulating underbody coating.** SAE Technical Paper, 2002.
- UNDERBODY COATING. **Impact and Abrasion-Resistant Sealing.** Sika Automotive, 2023. Disponível em: <https://automotive.sika.com/en/solution-products/paint-shop-sealants/underbody-coating.html>. Acesso em: 04 jun. 2023.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo.** Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992.