

**ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL DOM BOSCO
FACULDADE DE ENGENHARIA DE RESENDE
CURSO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

GUSTAVO RODRIGUES FIGUEIREDO

**IDENTIFICAÇÃO DE PROJEÇÃO DE SOLDA ATRAVÉS DAS FERRAMENTAS
DA QUALIDADE:** Estudo de Caso sobre o excesso de projeção de solda em uma indústria
no sudeste brasileiro.

RESENDE
2025

GUSTAVO RODRIGUES FIGUEIREDO

**IDENTIFICAÇÃO DE PROJEÇÃO DE SOLDA ATRAVÉS DAS
FERRAMENTAS DA QUALIDADE:** Estudo de Caso sobre o excesso de projeção de solda
em uma indústria no sudeste brasileiro.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Associação Educacional Dom Bosco,
Faculdade de Engenharia de Resende, Curso de
Engenharia de Produção, como requisito
parcial de obtenção do diploma de Bacharel em
Engenharia de Produção

Orientador: José Salvador da Motta Reis, M.S.c.
Coorientador: Vicente José Fernandes Costa Ferreira, M.S.c.

Resende
2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Catlogação na fonte

Biblioteca Central da Associação Educacional Dom Bosco – Resende-RJ

- | | |
|------|---|
| F475 | <p>Figueiredo, Gustavo Rodrigues</p> <p>Identificação de projeção de solda através das ferramentas da qualidade: estudo de caso sobre o excesso de projeção de solda em uma indústria no sudeste brasileiro / Gustavo Rodrigues Figueiredo - 2025.
62f.</p> <p>Orientador: José Salvador da Motta Reis
Coorientador: Vicente José Fernandes Costa Ferreira</p> <p>Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à finalização do curso de Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia de Resende da Associação Educacional Dom Bosco.</p> <p>1. Engenharia de produção. 2. Qualidade. 3. Melhoria contínua. 4. Solda. I. Reis, José Salvador da Motta. II. Ferreira, Vicente José Fernandes Costa. III. Faculdade de Engenharia de Resende. IV. Associação Educacional Dom Bosco. V. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU 658.56(815)(043)</p> |
|------|---|

GUSTAVO RODRIGUES FIGUEIREDO

**IDENTIFICAÇÃO DE PROJEÇÃO DE SOLDA ATRAVÉS DAS
FERRAMENTAS DA QUALIDADE:** Estudo de Caso sobre o excesso de projeção de solda
em uma indústria no sudeste brasileiro.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Associação Educacional Dom Bosco,
Faculdade de Engenharia de Resende, Curso de
Engenharia de Produção, como requisito
parcial de obtenção do diploma de Bacharel em
Engenharia de Produção

José Salvador da Motta Reis
Faculdade de Engenharia de Resende
(Orientador)

Vicente Jose Fernandes Costa Ferreira
(Coorientador)

Dayana Elizabeth Werderits Silva
(Avaliador Interno)

Nilson Rodrigues
(Avaliador Interno)

Resende, 28 de outubro de 2025.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por me conceder saúde, sabedoria e força para seguir

firme em cada etapa desta caminhada,

Dedico também aos meus pais, por todo amor, paciência e dedicação ao longo da minha vida.

Ao meu orientador e coorientador, que me

ajudaram nessa caminhada de desafios,

conquistas, compreensão e incentivo durante os

momentos mais desafiadores dessa jornada.

Por fim, dedico este trabalho a todos os amigos e colegas que contribuíram de alguma forma para o

meu crescimento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder força, sabedoria e paciência para enfrentar os desafios que surgiram ao longo desta caminhada. Agradeço também aos meus pais, pelo amor, apoio e ensinamentos que me moldaram e me motivaram a seguir em busca dos meus objetivos. À minha namorada, pela compreensão, incentivo e presença constante nos momentos mais difíceis, meu sincero reconhecimento e gratidão.

Estendo meus agradecimentos aos professores da Faculdade de Engenharia de Resende, em especial ao orientador José Salvador da Motta Reis e ao coorientador Vicente José Fernandes Costa Ferreira, pelas orientações, conselhos e contribuições valiosas para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço ainda aos colegas e amigos que fizeram parte dessa jornada, tornando o percurso mais leve e enriquecedor por meio da troca de experiências e do apoio mútuo.

EPÍGRAFE

“Não há nada que não se consiga com a força de vontade, a bondade e,
principalmente, com o amor.”

Cícero.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso voltado à melhoria do processo de soldagem por ponto, com foco na redução de projeções de solda e, conseqüentemente, na diminuição de desperdícios produtivos em uma indústria automobilística localizada no sudeste do Brasil. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa e aplicada, utilizando as Ferramentas da Qualidade (FQ), em especial o relatório A3 e o método *DMAIC* (Define, Measure, Analyze, Improve e Control), como principais metodologias para identificação, análise e correção das causas raízes do problema. A aplicação dessas ferramentas permitiu diagnosticar falhas relacionadas à falta de padronização de parâmetros, desgaste de equipamentos e intervalos inadequados de verificação. A partir das ações implementadas, obteve-se uma redução de 30% nas ocorrências de projeção de solda, além da criação de padrões operacionais, treinamento de colaboradores e estabelecimento de mecanismos de monitoramento contínuo. Os resultados demonstram que a utilização sistemática das ferramentas da qualidade promove melhorias sustentáveis nos processos industriais, fortalecendo a cultura de qualidade, aumentando a confiabilidade e reduzindo custos de produção. Assim, conclui-se que a integração entre o A3 e o DMAIC é uma estratégia eficaz para otimizar processos produtivos e elevar o desempenho operacional no setor automotivo.

Palavras-chave: Soldagem por ponto. Projeção de solda. Soldagem automotiva. Lean Six Sigma (LSS). Melhoria contínua. Melhoria de desempenho.

ABSTRACT

This study presents a case focused on improving the spot-welding process, aiming to reduce weld projections and consequently minimize production waste in an automotive industry located in southeastern Brazil. The research adopts a qualitative and applied approach, using Quality Tools (QT) particularly the A3 report and the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control) method as the main methodologies to identify, analyze, and correct the root causes of the problem. The application of these tools enabled the diagnosis of failures related to the lack of process standardization, equipment wear, and inadequate verification intervals. As a result of the implemented actions, a 30% reduction in weld projection occurrences was achieved, along with the creation of operational standards, employee training, and the establishment of continuous monitoring mechanisms. The results demonstrate that the systematic use of quality tools promotes sustainable improvements in industrial processes, strengthening the quality culture, increasing reliability, and reducing production costs. Therefore, it is concluded that the integration of A3 and DMAIC methodologies is an effective strategy to optimize production processes and enhance operational performance in the automotive sector.

Keywords: Spot welding. Weld projection. Automotive welding. Lean Six Sigma (LSS). Continuous improvement. Performance improvement.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Processo de solda	19
Figura 2 – Desenho da peça.....	20
Figura 3 – Identificação da projeção	21
Figura 4 – Modelo <i>DMAIC</i>	24
Figura 5 – Ilustração do Relatório A3	30
Figura 6 – Ferramenta <i>Ishikawa</i>	33
Figura 7 – Ferramenta dos 5 Porquês	35
Figura 8 – Fluxograma metodológico do estudo	37
Figura 9 – A3 utilizado.....	41
Figura 10 – Esclarecendo o problema A3	43
Figura 11 – Entender a situação ideal.....	44
Figura 12 – Definir a meta.....	45
Figura 13 – Analisar a causa raiz (<i>Ishikawa</i> e 5 Porquês).....	47
Figura 14 – Desenvolver contramedidas e executar.....	49
Figura 15 – Monitorar resultados	50
Figura 16 – Padronizar e lições aprendidas	51
Figura 17 – Dados coletados	52
Figura 18 – 5 Porquês utilizado.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Grandezas Físicas, Siglas e Unidades de Medida	18
Quadro 2 – Classificação da pesquisa	36
Quadro 3 – Melhorias entre o antes e depois	54

LISTA DE ABREVIATURAS

FQ	Ferramentas da Qualidade
LSS	<i>Lean Six Sigma</i>
MP	Matéria Prima
LM	Lean Manufacturing
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
<i>DMAIC</i>	<i>Define, Measure, Analyze, Improve e Control</i>
SW	<i>Spot Welding</i>
CW	<i>Calendar Week</i>
5W1H	<i>What, When, Where, Who, Which e How</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	QUESTÃO DE PESQUISA E OBJETIVOS	16
1.2	DELIMITAÇÃO DE PESQUISA	17
1.3	ESTRUTURA DA MONOGRAFIA.....	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	SOLDAGEM AUTOMOTIVA.....	18
2.2	<i>DMAIC</i>	22
2.2.1	<i>Etapa Define</i>	25
2.2.2	<i>Etapa Measure</i>	26
2.2.3	<i>Etapa Analyze</i>	26
2.2.4	<i>Etapa Improve</i>	27
2.2.5	<i>Etapa Control</i>	28
2.3	FERRAMENTA A3	29
2.4	ISHIKAWA	31
2.5	CINCO PORQUÊS	34
3	MÉTODO DE PESQUISA	35
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	35
3.2	FLUXO METODOLÓGICO.....	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1	<i>DMAIC</i> IMPLEMENTADO.....	39
4.1.1	Realização da etapa <i>Define</i>	40
4.1.2	Realização da etapa <i>Measure</i>	51
4.1.3	Realização da etapa <i>Analyze</i>	52
4.1.4	Realização da etapa <i>improve</i>	53
4.1.5	Realização da etapa <i>Control</i>	53

4.2	MELHORIAS OBTIDAS	54
5	CONCLUSÃO.....	55
	REFERÊNCIAS	57
	APÊNDICE A – FLUXO DMAIC	62

1 INTRODUÇÃO

A soldagem é amplamente empregada em diversos setores, como o automotivo, metalúrgico e elétrico. Destaca-se por sua alta produtividade, baixo custo e flexibilidade operacional. Na junção de metais, permitindo a execução de uniões com geometrias complexas e garantia da continuidade da aparência externa das peças, bem como de sua composição química, assim utilizada na indústria automobilística por ser uma função de alta repetição, baixo custo, uma maior flexibilidade e produtividade nas operações (Duan et al., 2025; Faria et al., 2023; Mathiszik et al., 2024). A moldagem da Matéria-Prima (MP) é uma etapa fundamental no desenvolvimento da produção, influenciando diretamente o resultado. Durante o processo de montagem, destaca-se a etapa de soldagem, especialmente a solda por pontos, que desempenha um papel crucial de conexão de materiais amplamente empregado em diversas indústrias, como metalurgia, aeroespacial, automotiva e construção civil. No entanto, a união de ligas dissimilares pode gerar diferenças significativas nas propriedades físicas das juntas, resultando em menor qualidade e desempenho. Por isso, os requisitos de precisão de montagem e propriedades de fabricação para peças automotivas estão se tornando cada vez mais rigorosos (Fonseca; Silva; Brant, 2017; Pinheiro; Reis Filho, 2023; Xing et al., 2023).

O processo de “Solda Ponto” amplamente utilizado em diversas partes de indústria por trazer uma união forte e resistente para o produto. O processo em uma linha já estruturada e desenvolvida, onde temos diversos equipamentos como: robô, pinça de solda, eletrodo, o próprio produto, as chapas de aço, e o dispositivo, onde as chapas são posicionadas para que o processo de soldagem ocorra. De forma sequencial é posicionado chapa de aço sobre o dispositivo e realizada a fixação através de grampos pneumáticos, formando um caminho correto para que seja alinhado com o robô e traçando os pontos de solda. Com tudo pronto começa toda a movimentação de alinhamento de parâmetro, onde cada ponto é ajustado junto robô e seus componentes. O alinhamento é realizado dentro dos parâmetros de solda, onde são programados não só os pontos mas também a pressão utilizada, a potência da corrente que passará pelos eletrodos, o tempo de atuação das pinças, quantidade de pontos para a fresagem do eletrodo e o tempo de resfriamento após a soldagem.

A aplicação realizada por meio de robôs industriais e sistemas automatizados, aperfeiçoando seus produtos e processos, que executam tarefas de soldagem com maior precisão e rapidez, resultando em operações mais eficientes. O ponto de solda origina-se de um curto-circuito controlado, feito de acordo com o parâmetro de solda especificado para cada

produto, com a peça sofrendo pressão e deixando-a na medida correta para que o eletrodo conduza a corrente elétrica e aplique a pressão ideal para a união (Faria et al., 2023; Pinheiro; Reis Filho, 2023; Silva; Fraga, 2025; Xing et al., 2023). A soldagem é um processo altamente produtivo, que contribui significativamente para a otimização da produção industrial devido ao seu curto tempo de execução. Além disso, eleva os padrões de qualidade e competitividade, sendo amplamente utilizado na indústria automotiva. Em muitos casos, não requer o uso de material de adição, o que torna o processo ainda mais eficiente e econômico. Sua excelente qualidade e confiabilidade fazem da soldagem uma escolha estratégica para aplicações que exigem precisão e durabilidade (Pinheiro; Reis Filho, 2023; Silva; Fraga, 2025; Xing et al., 2023). Por fim a soldagem é empregada em diversos setores industriais, abrangendo desde a produção de itens metálicos até a construção de estruturas complexas, como um método de soldagem de metais eficiente e de alta qualidade, é amplamente aplicado nos setores de fabricação de automóveis, em conexão de materiais utilizada em chassis, colunas A e B da carroceria, caixa de câmbio e motor (Duan et al., 2025; Pinheiro; Reis Filho, 2023; Xing et al., 2023).

Esse processo é um dos mais usados, pode ser usado para unir uma ampla variedade de componentes e elementos funcionais feitos de uma variedade de combinações de materiais em um processo econômico, produtivo e confiável. Por ser um processo simples e com um bom resultado na entrega do produto ele também tem alguns fatores como a padronização, a sequência do processo de soldagem é semelhante e consiste em três etapas: compressão, soldagem e tempo de espera. Desse modo, há a possibilidade de redução de mão de obra por de robôs industriais, com o intuito de melhorar a repetição na operação. Esses robôs, se não forem regulados corretamente, geram a projeção de solda, portanto, o problema de projeção de tem atraído cada vez mais atenção de pesquisadores de soldagem em diversos países e se tornou um ponto de grande preocupação (Faria et al., 2023; Mathiszik et al., 2024; Xing et al., 2023). A projeção de solda é um fator que pode diminuir a qualidade da peça, quanto mais energia térmica é gerada na peça, mais ela se deforma, sendo uma ejeção de material que é expelida na hora da soldagem. Essa ejeção deve ser evitada ou eliminada do processo. Para isso, serão utilizadas as Ferramentas da Qualidade (FQ), para garantir a satisfação do cliente e serviços de melhor qualidade para todos os níveis de desenvolvimento de produtos, para achar a causa raiz do problema e assegurar uma união segura e durável entre as peças soldadas (Mathiszik et al., 2024; Pinheiro; Reis Filho, 2023; Sales et al., 2022)

Proporcionando resultados significativos, visíveis na melhoria da qualidade dos produtos e na obtenção da satisfação do cliente. Com a diminuição de erros na execução de tarefas e operações favorecendo a busca da resolução de problemas e melhoria contínua nas organizações, baseada na percepção do cliente e no desempenho esperado (Gomes et al., 2022; Pascoal; Hiroko Iamaguti; Vilela Bernardes, 2022; Reis et al., 2023; Sales et al., 2022).

Desse modo o processo de solda se torna uma boa escolha quando se procura uma boa carga de produção e um produto de qualidade, mas por ser um processo altamente utilizado ele detem alguns problemas e um dele é a projeção de solda (Pinheiro; Reis Filho, 2023).

Com o objetivo de achar a causa raiz da projeção de solda, será utilizado o método *Define, Measure, Analyze, Improve e Control (DMAIC)* e a ferramenta A3. O *DMAIC*, representa um método de melhoria contínua, combinando gerenciamento de projetos e cronogramas, além de análises estatísticas e métricas, já o A3, tem como o foco de identificar e solucionar um determinado problema, utilizando uma folha no formato A3 como modelo de relatório. As FQ são focadas para investigar o desperdício, analisar suas principais causas e implementar melhorias de processo para reduzir o desperdício e melhorar a produtividade (Nogueira; M. Alvarenga; Constante Costa, 2023; Pascoal; Hiroko Iamaguti; Vilela Bernardes, 2022; Reis et al., 2023)

1.1 QUESTÃO DE PESQUISA E OBJETIVOS

A soldagem é amplamente utilizada na junção de metais, permitindo a execução de uniões com geometrias complexas e garantindo a continuidade da aparência externa das peças, seguindo os requisitos de precisão de montagem e propriedades de fabricação para peças automotivas estão se tornando cada vez mais rigorosos (Kulmann Filho; Machado, 2024a; Xing et al., 2023). Esse processo é essencial na indústria automobilística, como um método de soldagem de metais eficiente e de alta qualidade (Duan et al., 2025). Conforme contextualizado, surge a seguinte indagação: Como melhorar reduzindo as falhas e desperdícios no processo de soldagem?

Para responder a indagação, esta pesquisa tem o objetivo geral de investigar e propor melhorias para a redução da projeção de solda no processo de soldagem por ponto em uma indústria automobilística, utilizando FQ em concordância com o objetivo geral, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- analisar o processo atual de soldagem por ponto;

- identificar as causas da projeção de solda;
- aplicar A3 e *DMAIC* para tratar o problema;
- avaliar os resultados obtidos após as intervenções; e
- propor melhorias.

1.2 DELIMITAÇÃO DE PESQUISA

A pesquisa se concentrará no processo de soldagem por ponto realizado em uma linha de produção automatizada de uma indústria automobilística localizada no sudeste do Brasil. O foco será especificamente na análise da projeção de solda em uma etapa crítica do processo de montagem. Será considerada a aplicação das FQ com dados coletados diretamente da linha, abrangendo observações, entrevistas com operadores e medições técnicas, sem extrapolação para outros processos ou tipos de soldagem.

1.3 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

A estrutura da monografia está organizada da seguinte forma: Apresenta a introdução, a questão de pesquisa, os objetivos, a delimitação e a estrutura da tese. Fundamentação teórica, abordando os conceitos de soldagem por ponto, projeção de solda, FQ e sua aplicação industrial. Método de pesquisa, com a classificação, etapas e fluxo metodológico aplicado ao estudo de caso. Resultados, com a análise dos dados, aplicação do *DMAIC* e A3, e avaliação dos resultados obtidos. Discussões, análise dos resultados encontrados. Conclusões e recomendações, apresentando as contribuições da pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção a literatura científica é revisada para introduzir os fundamentos teóricos dos temas Soldagem automotiva, do método *DMAIC*, Ferramenta *A3*, *Ishikawa* e 5 Porquês. Destaca-se que esta revisão não esgotou o tema, mas sim trouxe à evidência seus elementos mais importantes para o desenvolvimento desta pesquisa e, conseqüentemente, possibilitar aos leitores as bases mínimas para sua compreensão. Sendo assim, foi realizada a revisão teórica sobre os principais postulados teóricos sobre os temas.

2.1 SOLDAGEM AUTOMOTIVA

A solda por ponto é amplamente utilizada na produção de veículos no Brasil, o que gera questionamentos sobre a qualidade dos produtos e dos processos. Os requisitos de precisão de montagem e as propriedades de fabricação para peças automotivas estão cada vez mais rigorosos, e os parâmetros de soldagem assumem papel essencial na execução da união entre as peças, sendo uma característica central dos processos de solda ponto (Duan et al., 2025; Xing et al., 2023). Esses parâmetros correspondem às especificações inseridas no equipamento, que garantem o controle rigoroso do processo de soldagem. Através de técnicas de ensaio e da avaliação das variáveis de controle, é possível determinar a forma como o processo ocorre e, conseqüentemente, assegurar a qualidade da união. A soldagem por resistência baseia-se principalmente na corrente elétrica de soldagem e no tempo de fluxo da corrente, fatores diretamente ligados à quantidade de calor gerada, conforme Quadro 1 (Sejč et al., 2020; Xing et al., 2023).

Quadro 1 – Grandezas Físicas, Siglas e Unidades de Medida

Sigla	Grandeza	Unidade de Medida
Q	Calor	[J]
P	Pressão	[Pa]
R	Resistência elétrica	[W]
I	Corrente elétrica	[A]
T	Tempo de fluxo de corrente	[S]

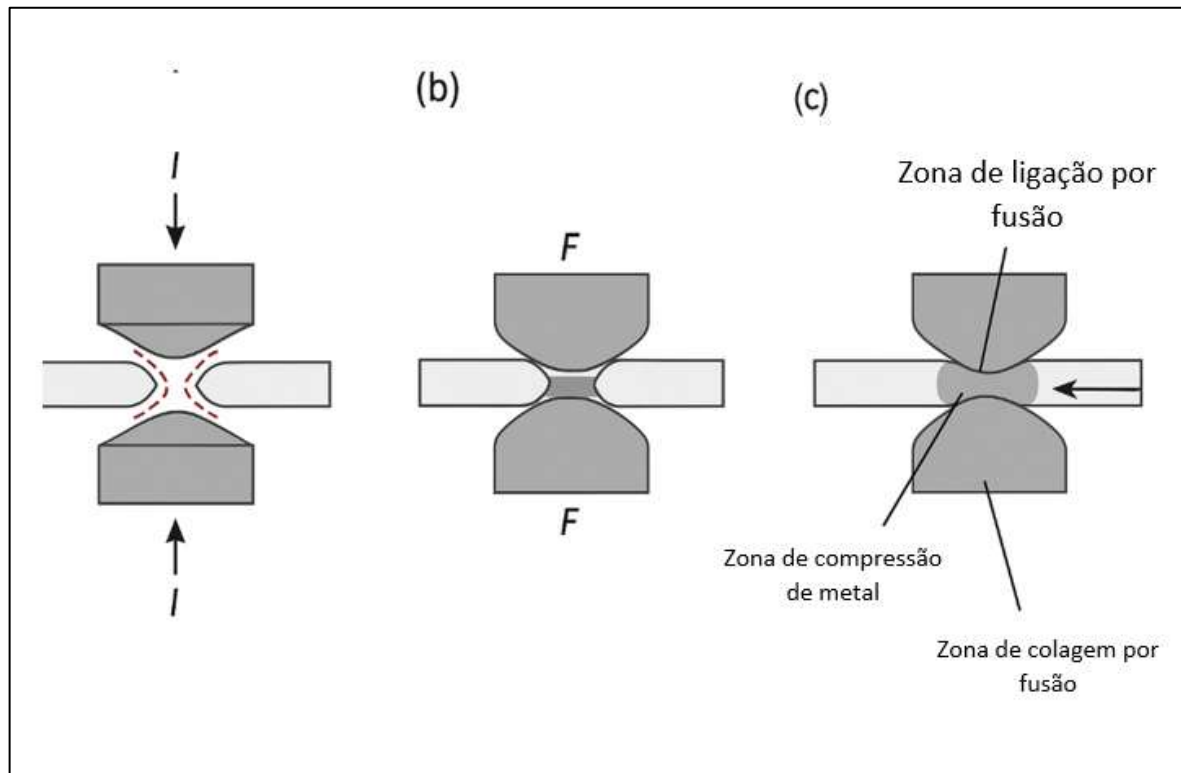
Fonte: Adaptado de Sejč et al. (2020); Xing et al. (2023).

Os parâmetros adequados para soldagem por resistência podem ser determinados a partir do diagrama de lóbulos, que relaciona ao tempo de soldagem à corrente elétrica para cada combinação de materiais e condições de união. O processo de soldagem segue um ciclo repetitivo e eficaz, geralmente composto pelas etapas de: alinhamento, pré-pressão, pressão,

aquecimento, pré-solda, solda, tempo de espera, resfriamento e abertura da pinça (Mathiszik et al., 2024; Sejč et al., 2020).

Explicando cada fase: o alinhamento consiste no posicionamento correto da pinça sobre a peça; a pré-pressão ocorre quando a pinça se fecha, unindo as chapas; a pressão (P) assegura a união firme para a realização da solda; a pré-solda aplica uma corrente inicial para verificar os parâmetros; a solda é realizada pela passagem da corrente elétrica (I), que gera calor (Q) devido à resistência (R), fundindo o material; no resfriamento, a peça e os eletrodos perdem calor rapidamente para consolidar a união; e, por fim, a abertura da pinça libera a peça, conforme ilustra a Figura 1.

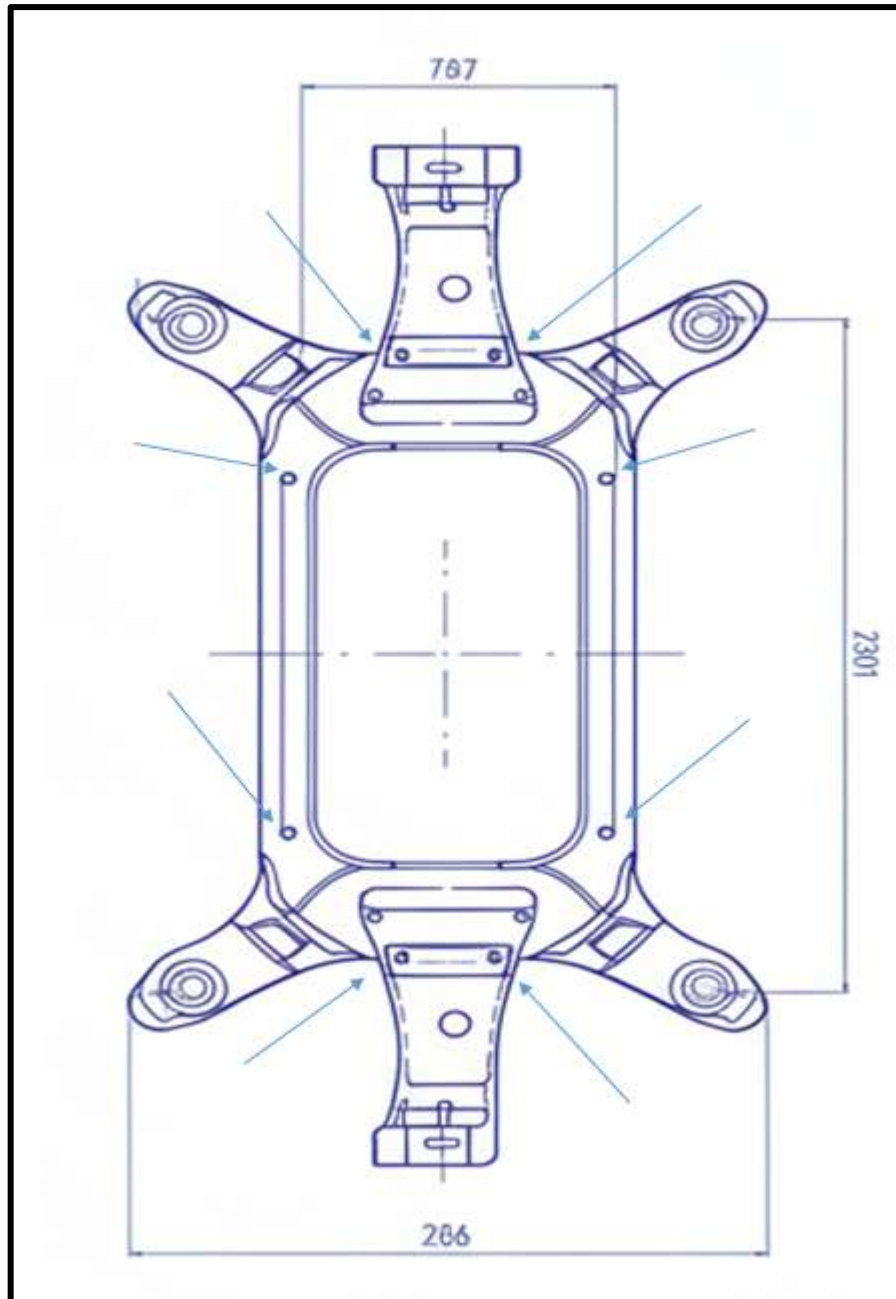
Figura 1 – Processo de solda



Fonte: Adaptado de Sejč et al. (2020); Xing et al. (2023).

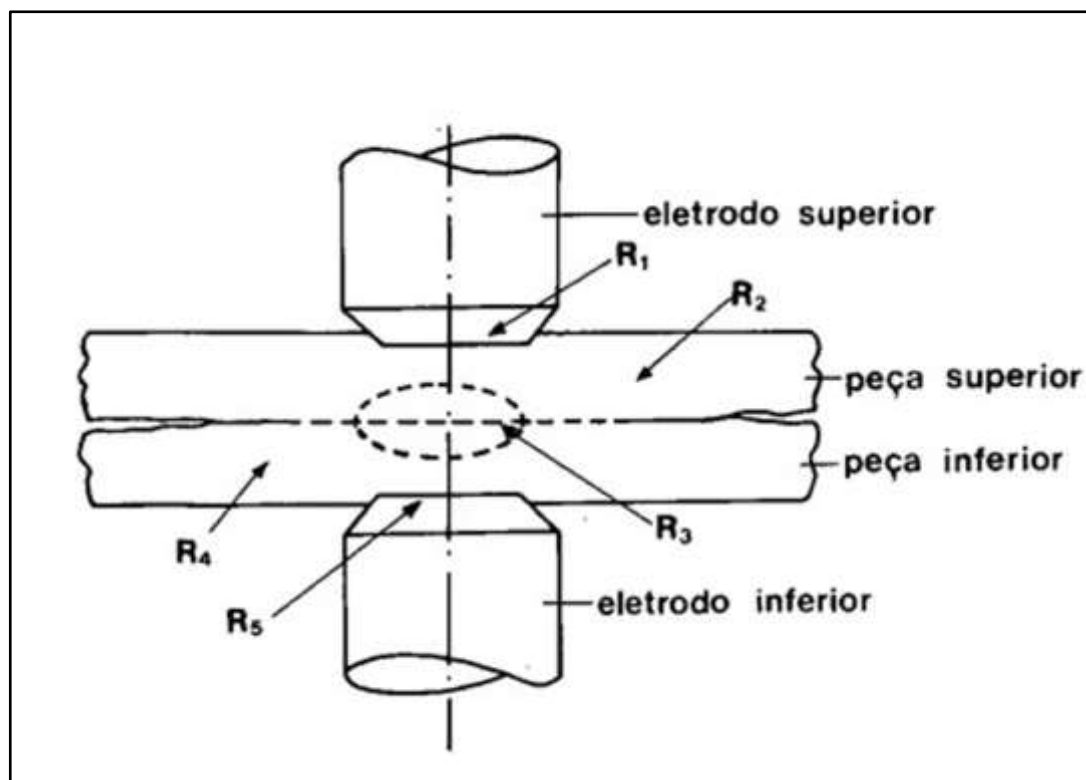
A peça é submetida aos parâmetros determinados. Os pontos de partida para definir as condições adequadas de soldagem dependem de informações como localização dos pontos e a espessura da peça, como representado na Figura 2. Caso a chapa apresente uma camada de proteção excessiva ou variações angulares, a projeção de solda pode ocorrer. Nesses casos, a correta definição dos parâmetros permite compensar variações e ajustar as condições (Koal et al., 2024; Mathiszik et al., 2024; Sejč et al., 2020).

Figura 2 – Desenho da peça



Fonte: Autor (2025).

Figura 3 – Identificação da projeção



Fonte: Silva e Fraga (2025).

Quando o processo ocorre fora dos parâmetros definidos, as projeções tornam-se frequentes, comprometendo tanto a qualidade visual quanto a resistência do produto. Na Figura 3 apresenta o ponto específico onde pode ocorrer a projeção, no R3, ponto onde ocorre a soldagem. Onde R1, é o eletrodo superior com contato com, R2, peça superior o, R4, eletrodo inferior em contato com o, R5, a peça inferior. Por isso, torna-se essencial adotar estratégias para melhorar o processo e reduzir esse tipo de falha. Nesse contexto, o uso das FQ, como o *DMAIC* e o *A3*, apresenta-se como alternativa viável para avaliar as propriedades mecânicas das juntas soldadas. (Duan et al., 2025) (Silva; Fraga, 2025)

A melhoria contínua é uma das principais estratégias de excelência operacional adotadas pelas empresas, exigindo esforços constantes de toda a organização. As FQ surgiram como métodos de análise e refinamento para identificar falhas, avaliar o posicionamento competitivo e promover melhorias que elevem o valor agregado do produto. Dessa forma, asseguram que os parâmetros definidos sejam atendidos e que os produtos acabados mantenham-se dentro dos padrões de tolerância, garantindo a satisfação interna e externa (Brasileiro; Coutinho, 2025b; Gomes et al., 2022; Sales et al., 2022).

As FQ, aplicadas em processos de melhoria contínua, possibilitam resultados mais consistentes, fidelização de clientes e maior eficiência estratégica. Elas permitem identificar causas especiais que precisam ser eliminadas, manter o controle dos processos e avaliar seu desempenho, por meio de representações gráficas ou por amostragem. Assim, estabelecem um ponto de partida sólido para a redução de custos, mitigação de riscos e aumento da assertividade na solução de problemas, demonstrando o desempenho do processo (Gomes et al., 2022; Lima et al., 2021).

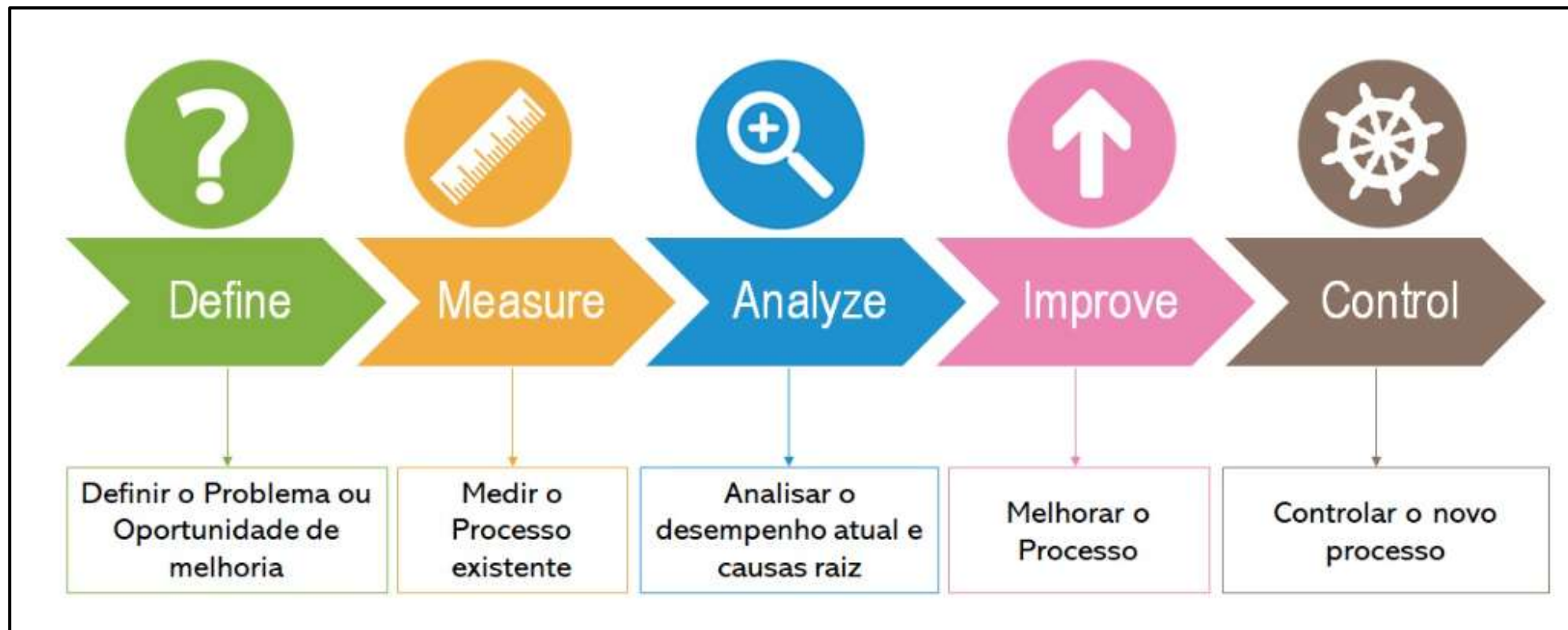
2.2 DMAIC

O ciclo *DMAIC* é um dos métodos para dimensionar e analisar riscos e incertezas que organizações poderão enfrentar ao longo de suas atividades. O método vem do *Lean Six Sigma* (LSS), uma metodologia que visa aumentar a qualidade e a performance da empresa através da melhoria dos processos. Portanto, para atender aos requisitos em determinados processos é necessária a adoção de métodos de trabalho que visem à padronização e ao controle, o modelo LSS é um exemplo disso. Cada abordagem gerou sua própria parcela de seguidores e oponentes, compartilhando valores comuns, como: foco no cliente, orientação por processos, tomada de decisão baseada em dados, envolvimento dos funcionários, melhoria contínua e liderança comprometida. (Gomes et al., 2022; Nascimento; Pereira, 2024; Reis et al., 2023). O método serve para analisar e aprimorar o processo, assim podendo ser utilizada em qualquer setor, desde as indústrias até o setor de serviços. O *DMAIC* objetiva o método que, quando utilizado, permite a identificação, quantificação e minimização de problemas recorrentes nos processos e melhora seu desempenho após a implementação. (Gomes et al., 2022; Nogueira; M. Alvarenga; Constante Costa, 2023).

O método *DMAIC* representa um processo de melhoria contínua, combinando gerenciamento de projetos e cronogramas, além de análises estatística. Assim, permitindo a identificação e solução dos principais problemas organizacionais e, por este motivo, são importantes instrumentos de diferenciação organizacional. Na Figura 4, na fase *Define*, descreve-se o problema, seu impacto e as metas do projeto, definindo também seu escopo. Em seguida, na etapa *Measure*, identificam-se os dados que precisam ser coletados e avaliados, garantindo sua confiabilidade. A fase *Analyze* consiste em examinar o processo e descobrir as causas dos problemas. Depois, na etapa *improve*, são propostas e testadas soluções para eliminar essas causas. Por fim, na fase *Control*, implementa-se a solução escolhida e monitora-se o

desempenho ao longo do tempo, padronizando as melhorias realizadas (Nogueira; M. Alvarenga; Constante Costa, 2023).

Figura 4 – Modelo DMAIC



Fonte: Adaptado de ERISING (2025).

2.2.1 Etapa *Define*

A fase *Define* é o ponto de partida de um projeto, onde a equipe se reúne para estabelecer as bases e garantir que todos estejam alinhados. Definir o escopo do projeto com maior precisão e clareza, identificando os processos geradores dos problemas, definindo uma meta global e elaborando o contrato do projeto. Essa definição inicial é crucial, pois uma delimitação inadequada pode levar a análises e soluções ineficazes (Nogueira; M. Alvarenga; Constante Costa, 2023). Durante essa etapa, a equipe recebe informações sobre o problema ou oportunidade de melhoria e trabalha para formular o problema central, estabelecer metas claras, definir indicadores de desempenho e identificar os limites do processo e as partes interessadas. Ter clareza na formulação do problema é fundamental, pois isso ajuda a reduzir incertezas e atrasos, aumentando a assertividade das soluções propostas nas etapas subsequentes (Gomes et al., 2022).

A utilização de ferramentas de mapeamento de processos é um aspecto crucial da fase *Define*. Segundo artigos de revistas internacionais, esse método permite que a equipe visualize de forma sistêmica os elementos mais importantes de um processo e como eles se relacionam. Isso promove uma visão abrangente e ajuda a evitar desvios durante a definição do escopo do projeto. Essa abordagem está alinhada com a teoria dos sistemas, que considera uma organização como um conjunto de processos que dependem uns dos outros. A fase *Define* não se limita apenas a questões internas da empresa, mas também integra perspectivas externas. Com isso, ela garante que as melhorias propostas realmente tenham um impacto positivo na forma como o consumidor percebe o valor do produto ou serviço (Gomes et al., 2022; Nogueira; M. Alvarenga; Constante Costa, 2023).

Do ponto de vista da gestão, a fase *Define* é crucial para o sucesso do projeto, pois ela abrange a seleção da equipe e a definição clara de papéis, responsabilidades e sistematização da filosofia e dos procedimentos da qualidade nas organizações. Projetos com escopos bem delimitados e papéis bem distribuídos têm uma taxa de conclusão maior e geram melhores resultados. A governança do projeto, que começa nesta etapa, é essencial para manter a disciplina e a eficácia do ciclo *DMAIC* (Oliveira et al., 2011). A fase *Define*

Funciona como o "guia de navegação" para a equipe, servindo como a base de todo o ciclo *DMAIC*. Ao integrar ferramentas de gestão de projetos, mapeamento de processos e métodos para entender as necessidades do cliente, essa etapa garante que o projeto tenha uma base sólida e alinhamento estratégico (Gomes et al., 2022).

2.2.2 Etapa *Measure*

A fase *Measure* do ciclo *DMAIC* é crucial para o sucesso de projetos de melhoria contínua. Nela, o objetivo é estabelecer uma base quantitativa para o problema, coletando dados confiáveis e consistentes para entender a situação atual do processo. Essa medição permite quantificar a extensão de defeitos, desperdícios ou variações de desempenho que afetam a eficiência. Por isso, a validação do sistema de medição é fundamental; afinal, dados imprecisos podem comprometer todas as etapas seguintes. Assim, a fase de medição fornece não só informações quantitativas, mas também os parâmetros essenciais para a análise e a tomada de decisão baseada em fatos (Nogueira; M. Alvarenga; Constante Costa, 2023; Srinivasan et al., 2016)

Para garantir a qualidade da medição, diversas ferramentas de gestão de qualidade são aplicadas, como folha de verificação, gráfico de Pareto, diagrama de *Ishikawa*, *Brainstorming*, fluxograma, *Plan-Do-Check-Act (PDCA)*. Ferramentas como o relatório A3, são usadas para verificar a confiabilidade dos instrumentos de medição. O uso dessas técnicas ajuda a identificar a magnitude do problema e seu impacto em *Key Performance Indicators (KPIs)*, proporcionando uma visão clara da realidade operacional. Dessa forma, a fase *Measure* conecta a identificação inicial do problema (na fase *Define*) com a investigação das causas-raiz (na fase *Analyze*), fornecendo dados sólidos que sustentam as análises futuras (Brasileiro; Coutinho, 2025b; Pascoal; Hiroko Iamaguti; Vilela Bernardes, 2022).

Em última análise, a etapa de medição contribui de forma decisiva para a construção de processos mais previsíveis e controlados. Ao estabelecer métricas claras, a organização pode mapear seu desempenho e criar condições para monitorar melhorias ao longo do tempo. Além disso, a coleta estruturada de dados elimina percepções subjetivas, promovendo uma gestão baseada em evidências. Por essa razão, a fase *Measure* é um pilar essencial do *DMAIC*, garantindo que as soluções propostas se baseiem em diagnósticos precisos e que o processo de melhoria contínua avance de forma robusta e sustentável (Nogueira; M. Alvarenga; Constante Costa, 2023).

2.2.3 Etapa *Analyze*

A fase *Analyze* do ciclo *DMAIC* é o momento de interpretar os dados coletados para encontrar as causas-raiz dos problemas. O objetivo principal é transformar informações brutas em conhecimento, revelando por que as falhas e variações ocorrem. Nessa etapa, é crucial

estabelecer informações e dados obtidos na fase anterior, distinguindo os fatores que realmente impactam o desempenho daqueles que são irrelevantes. A fase Analisar é o elo entre a descrição do problema (na fase *Measure*) e a criação de soluções (na fase *Improve*), garantindo que as melhorias propostas foquem nas origens do problema, e não apenas em seus sintomas (Bugor; Lucca Filho, 2021; Nogueira; M. Alvarenga; Constante Costa, 2023).

Para apoiar essa investigação, diversas ferramentas analíticas são usadas, como o diagrama de *Ishikawa* (espinha de peixe), a análise dos 5 porquês e, como já mencionado, a ferramenta A3. O método se destaca por sua simplicidade e eficácia, resumindo todo o processo de resolução de problemas em uma única folha de papel. Essa abordagem visual e estruturada guia a equipe através de seções lógicas, como a identificação do problema, a análise da causa-raiz, o plano de ação e o acompanhamento dos resultados. Essencialmente, o A3 ajuda a visualizar a jornada de melhoria completa, desde a concepção até a validação, facilitando a comunicação e o alinhamento de todos os envolvidos (Bugor; Lucca Filho, 2021).

Por fim, a fase Analyze contribui de forma central para a tomada de decisões, substituindo suposições por um diagnóstico baseado em evidências quantitativas e qualitativas. Ao identificar e validar as causas-raiz, a organização garante que os esforços de melhoria se concentrem nos pontos de maior impacto para a eficiência e qualidade. Assim, essa fase fornece a segurança necessária para a próxima etapa do *DMAIC*, onde soluções eficazes e sustentáveis serão desenvolvidas para neutralizar as causas que afetam o desempenho do processo (Nogueira; M. Alvarenga; Constante Costa, 2023).

2.2.4 Etapa *Improve*

A fase *Improve* do ciclo *DMAIC* é o momento de transformar a análise de dados em ações concretas. Nela, a equipe foca em desenvolver, testar e implementar soluções que eliminem ou reduzam as causas-raiz identificadas na etapa *Analyze*. O principal objetivo é encontrar alternativas que sejam tecnicamente e viáveis, ao mesmo tempo em que atendam às necessidades do cliente e aos objetivos da empresa. Assim, essa fase promove a transição da teoria para a prática, gerando ganhos reais em qualidade, redução de custos e aumento da eficiência operacional (Nogueira; M. Alvarenga; Constante Costa, 2023)

Para conduzir essa etapa, diversas ferramentas são utilizadas. Técnicas como o 5 Porquês e métodos de experimentação, como testes piloto, são essenciais para priorizar as soluções mais promissoras e validar o impacto das mudanças antes de aplicá-las em larga escala. Além disso, práticas de manufatura enxuta, como *Kaizen* (melhoria contínua) e *Poka-*

Yoke (dispositivos à prova de erro), podem ser incorporadas para simplificar atividades e prevenir falhas humanas (Brasileiro; Coutinho, 2025b).

Monitorar os resultados alcançados após a implementação das melhorias, estabelecer controles que garantam a sustentabilidade dos resultados. A implementação é monitorada por indicadores de desempenho, o que permite avaliar os efeitos das mudanças em tempo real e fazer ajustes sempre que necessário. Dessa forma, a fase *Improve* não apenas resolve problemas imediatos, mas também cria um ciclo virtuoso de aprendizado organizacional, estabelecendo uma base sólida para a melhoria contínua e assegurando que os ganhos se mantenham a longo prazo (Nogueira; M. Alvarenga; Constante Costa, 2023).

2.2.5 Etapa *Control*

A fase *Control* do ciclo *DMAIC* é o estágio final e essencial para garantir que as melhorias implementadas sejam duradouras. Seu principal objetivo é sustentar os ganhos obtidos na fase de *Improve* e evitar que os problemas antigos retornem. Essa etapa consolida as soluções em procedimentos padrão, o que garante a estabilidade do processo e assegura que a variabilidade seja mantida em um nível reduzido, com resultados positivos de forma consistente ao longo do tempo (Nogueira; M. Alvarenga; Constante Costa, 2023)

Para alcançar essa sustentabilidade, diversas ferramentas de gestão são utilizadas, como auditorias internas, *checklists* de conformidade e planos de controle. A definição de *Key Performance Indicators* (KPIs) é fundamental para monitorar o processo de forma contínua. Além disso, o treinamento das equipes é crucial; ao garantir que os colaboradores entendam e sigam os novos padrões operacionais, a fase Controlar minimiza o risco de desvios e fortalece o envolvimento de todos (Nogueira; M. Alvarenga; Constante Costa, 2023).

Em resumo, a contribuição central da fase *Control* é criar mecanismos que tornem as melhorias permanentes e replicáveis. Ao padronizar os processos e institucionalizar boas práticas, as organizações reduzem custos com retrabalho e mantêm altos níveis de qualidade e produtividade. Assim, a fase *Control* não apenas conclui o ciclo *DMAIC*, mas também reforça o princípio da melhoria contínua, servindo como uma base sólida para futuras iniciativas de aprimoramento e fortalecendo a cultura de qualidade na empresa (Nogueira; M. Alvarenga; Constante Costa, 2023).

2.3 FERRAMENTA A3

Dentro deste cenário, uma das ferramentas da qualidade que vem sendo cada vez mais usada pelas empresas para resolução de problemas e melhoria contínua é a ferramenta A3, criada na Toyota e amplamente utilizada no contexto do *Lean Manufacturing* (LM). Seu nome, relatório A3 é assim chamado porque é escrito em um papel de tamanho A3, escolhido para sintetizar problemas complexos de forma clara e objetiva em uma única página. Solução de problemas, podendo ser utilizado tanto no setor industrial como também nas empresas do setor de serviços (Brasileiro; Coutinho, 2025a; Kulmann Filho; Machado, 2024b)

A estrutura do Relatório A3 (Figura 5) consiste em uma ferramenta que estabelece uma estrutura sólida para a implementação da gestão *PDCA*, que é dividida em seções que podem variar, mas geralmente incluem a descrição do problema, a análise da situação atual, a definição das causas, a proposta de soluções, o plano de ação, os resultados esperados e o acompanhamento. Essa padronização permite que todos os envolvidos compreendam rapidamente o raciocínio e evita a criação de relatórios extensos. Assim, o A3 atua como uma ferramenta de busca da resolução de problemas e melhoria contínua nas organizações (Brasileiro; Coutinho, 2025b; Pascoal; Iamaguti; Bernardes, 2022)

Figura 5 – Ilustração do Relatório A3

	Título	Planta	Departamento	Responsável pelo Processo	Líder do Projeto	Data de início	Data de Término	
		NN	NN	NN	NN	DD.MM.AA	DD.MM.AA	
1. Esclarecer o problema & descrever o fenômeno (situação atual e ideal)		4. Analisar a causa raiz (Ishikawa & 5 Porquês)						
2. Entender a situação atual & dividir o problema (Estratificação)								
		5. & 6. Desenvolver contramedidas & executar						
3. Definir a meta	7. Monitorar os resultados			8. Padronizar & Lições Aprendidas				

Fonte: Adaptado de Bassuk e Washington (2013).

Uma característica importante do Relatório A3 é sua eficácia na resolução de problemas uma ferramenta para encontrar, assim, a melhor abordagem. Ele é usado para solucionar problemas, obter consenso, orientar membros da equipe e liderar melhorias organizacionais a

Assim encontrando a melhor abordagem para o problema. O A3 não é apenas um documento final, mas um processo de reflexão estruturada que incentiva a equipe a praticar o

O Relatório A3 que consiste em uma ferramenta que estabelece uma estrutura sólida para a implementação. No relatório, os dados e informações são descritos de forma narrativa e participativa, com o intuito de identificar e solucionar um determinado problema, utilizando a estrutura do relatório A3 para buscar melhoria no resultado do indicador de performance (Nascimento; Pereira, 2024; Pascoal; Hiroko Iamaguti; Vilela Bernardes, 2022).

O Relatório A3 estabelece uma estrutura concreta para rodar o ciclo *PDCA* e ajuda a levar os autores dos relatórios a uma compreensão mais profunda do problema ou da oportunidade, além de dar novas ideias sobre como solucionar um problema. Sua adoção sistemática gera maior envolvimento da equipe, reduz falhas de comunicação e garante que os planos de ação sejam acompanhados. Por isso, a ferramenta A3 continua sendo uma das mais relevantes no *LM*, valorizada por sua simplicidade, eficácia e aplicabilidade universal (Cantini; Costa; Portioli-Staudacher, 2024; Pascoal; Hiroko Iamaguti; Vilela Bernardes, 2022).

O A3 é uma ferramenta de melhoria contínua e resolução de problemas que oferece diversas vantagens. Quando aplicada corretamente, ela proporciona uma visão ampla da empresa e ajuda a garantir a clareza dos objetivos e a tomada de decisões baseada em dados. Além disso, ela facilita a colaboração em equipe, o que melhora o desempenho do grupo e contribui para a uniformidade e a confiabilidade dos processos. Apesar dos benefícios, a metodologia enfrenta desafios no Brasil, principalmente devido às características do mercado local. Entre as dificuldades estão a deficiência na qualificação da mão de obra, o baixo fôlego financeiro de pequenas e médias empresas e a ausência de programas públicos ou coletivos que incentivem a competitividade empresarial. (Faria et al., 2023; Pascoal; Hiroko Iamaguti; Vilela Bernardes, 2022; Pinheiro; Reis Filho, 2023).

2.4 ISHIKAWA

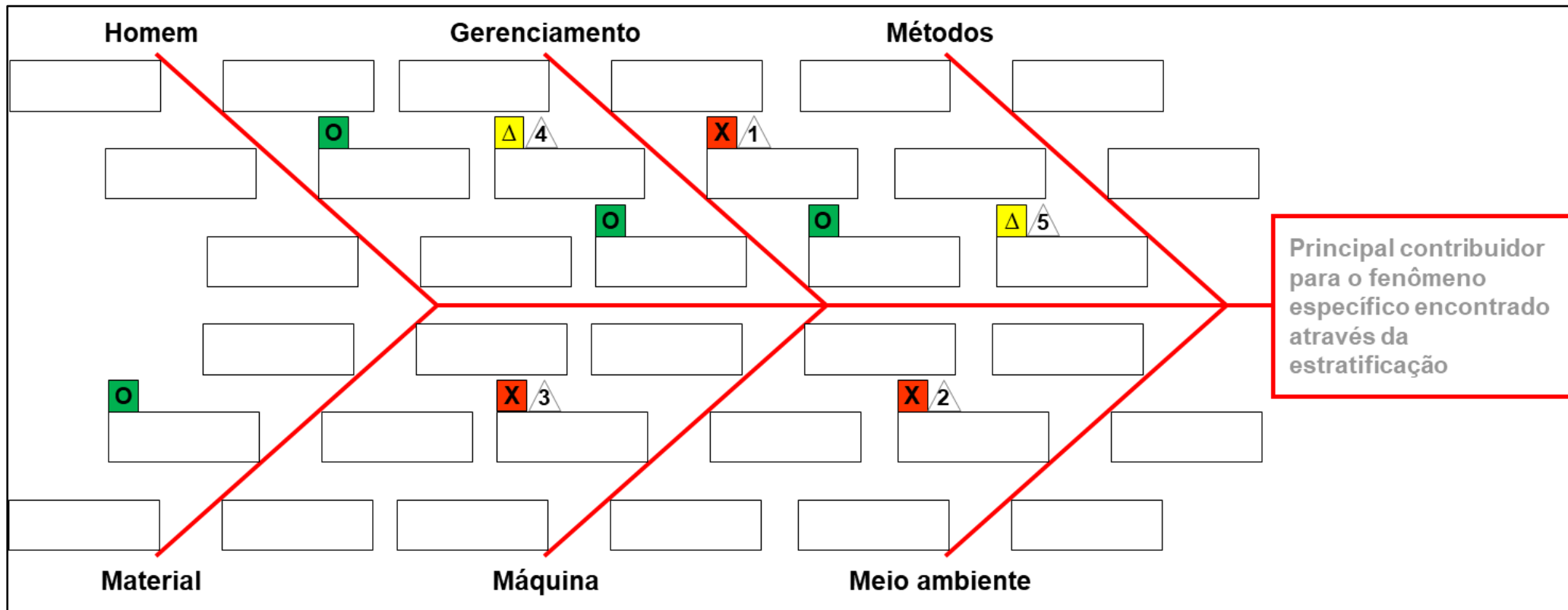
O Diagrama de *Ishikawa* ou de Espinha de Peixe como demonstrado na Figura 6, permite achar as causas que geram o problema, essa ferramenta foi proposta pelo professor japonês Kaoru *Ishikawa*, na década de 1960, quando trabalhava na Universidade de Tóquio.

Sua principal finalidade é identificar, organizar e representar as possíveis causas de um problema específico, de modo a facilitar a análise e a busca pela causa raiz. A ferramenta é amplamente utilizado por propiciar robustez, resultados estruturados, execução e análise, o método *DMAIC* se relaciona com *LSS* (Botezatu et al., 2019; Nogueira; M. Alvarenga; Constante Costa, 2023).

A construção do diagrama se dá a partir de uma representação em forma de espinha de peixe, onde o diagrama é desenvolvido escrevendo nas caixas, todas as causas secundárias identificadas para cada uma das causas principais. A fim de identificar as causas e atingir o objetivo proposto. O problema central é colocado na extremidade direita e as possíveis “causas” se ramificam ao longo do corpo do diagrama. Essas causas são geralmente classificadas em categorias, que variam conforme o contexto da análise. Frequentemente usam rótulos de ramos compostos pelos 5 M: método; máquina; medida; mão de obra e meio ambiente; e material.

Essa categorização permite uma visão estruturada e sistemática, assegurando que diferentes dimensões do processo sejam consideradas durante a investigação como mostrado na Figura 6 (Barsalou, 2023; Luca; Luca, 2019).

Uma das principais contribuições do Diagrama de Ishikawa é sua capacidade de promover o trabalho em equipe e pode ser utilizado para identificar problemas diretamente no produto ou na linha de produção. Geralmente, ele é construído para as possíveis causas levantadas foram investigadas a fim de identificar a contribuição de cada uma delas no problema em questão. Esse caráter participativo não apenas enriquece a análise com múltiplas perspectivas, mas também aumenta o comprometimento da equipe com as soluções que serão desenvolvidas posteriormente. Além disso, o uso da ferramenta estimula a adoção de uma abordagem baseada em dados e na lógica de causa e efeito, reduzindo a tomada de decisão intuitiva ou subjetiva (Cardoso et al., 2022; Nogueira; M. Alvarenga; Constante Costa, 2023).

Figura 6 – Ferramenta *Ishikawa*

Fonte: Adaptado de Botezatu (2019).

Uma das principais contribuições do Diagrama de *Ishikawa* é sua capacidade de promover o trabalho em equipe e pode ser utilizado para identificar problemas diretamente no produto ou na linha de produção. Geralmente, ele é construído para as possíveis causas levantadas foram investigadas a fim de identificar a contribuição de cada uma delas no problema em questão. Esse caráter participativo não apenas enriquece a análise com múltiplas perspectivas, mas também aumenta o comprometimento da equipe com as soluções que serão desenvolvidas posteriormente. Além disso, o uso da ferramenta estimula a adoção de uma abordagem baseada em dados e na lógica de causa e efeito, reduzindo a tomada de decisão intuitiva ou subjetiva (Cardoso et al., 2022; Nogueira; M. Alvarenga; Constante Costa, 2023) .

Na prática, o diagrama não deve ser utilizado isoladamente, mas em conjunto com outras FQ. Após a identificação das possíveis causas, é comum empregar técnicas adicionais como os 5 Porquês para aprofundar a investigação ou métodos estatísticos para validar a relevância de cada causa levantada. Esse encadeamento metodológico aumenta a precisão da análise e permite que o problema seja tratado de forma mais robusta. Assim, o Diagrama de *Ishikawa* ou Diagrama de Espinha de Peixe, atua como um ponto de partida para análises mais detalhadas e fundamentadas, integrando-se de maneira eficaz a sistemas de gestão da qualidade como *LSS* (Nogueira; M. Alvarenga; Constante Costa, 2023).

Por fim, o Diagrama de *Ishikawa* consolida-se como uma ferramenta de grande relevância por sua simplicidade, versatilidade e poder de visualização. Dessa forma, esse é um dos motivos do Diagrama de *Ishikawa* ser uma ferramenta muito utilizada, devido a sua eficiência. (Silva; Casagrande, 2022)

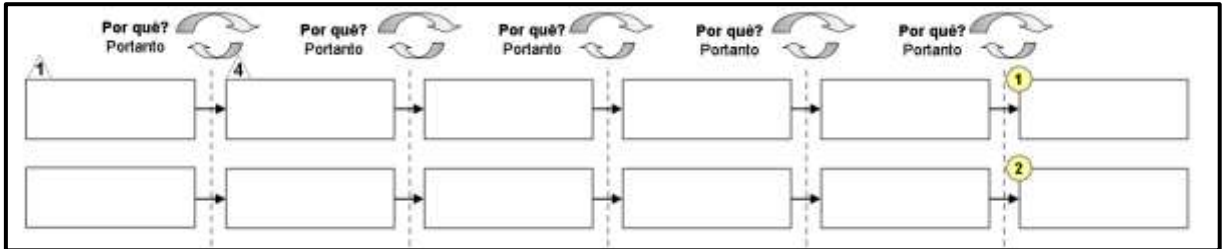
2.5 CINCO PORQUÊS

Os cinco porquês se originaram no Sistema Toyota de Produção e são uma ferramenta básica que deve ser sempre utilizada na realização de uma Análise de Causa Raiz. A ferramenta de análise 5 Porquês é utilizado por meio da abordagem de Análise de Causa Raiz, que é usada para descobrir a raiz de um problema, que causa defeitos nos resultados da produção. (Saputra; Santoso, 2024; Silva; Casagrande, 2022).

A análise de 5 motivos, realizada com a pergunta "por quê" cinco vezes, ajudará a identificar a causa raiz do problema, pois os resultados da resposta a uma pergunta podem levar à próxima pergunta até que ela não possa mais ser continuada. Uma estratégia de causa próxima começa com uma avaliação dos sintomas do problema e, em seguida, o pesquisador busca identificar cada causa subjacente. Ao responder cada uma das sete perguntas, a equipe garante

que todos os aspectos da tarefa foram considerados, conforme Figura 7 (Barsalou, 2023; Saputra; Santoso, 2024).

Figura 7 – Ferramenta dos 5 Porquês



Fonte: Adaptado de SHIMATANI (2025).

Por ser intuitiva e direta, a ferramenta 5 Porquês pode ser aplicada em qualquer contexto, desde a resolução de problemas operacionais até o planejamento de grandes projetos. O uso dos 5 porquês ajuda a garantir que a investigação de uma falha não seja interrompida muito cedo e garante profundidade para garantir que os sintomas superficiais sejam contornados e as verdadeiras causas-raiz sejam encontradas e compreendidas (Barsalou; Starzyńska, 2023).

3 MÉTODO DE PESQUISA

Nesta seção são apresentadas informações sobre a classificação da pesquisa, as etapas de execução, os instrumentos de coleta de dados e o fluxo metodológico para o desenvolvimento da pesquisa.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Este estudo possui natureza aplicada, com intuito de gerar conhecimento para aplicação prática dirigida às situações ou problemas específicos (Quadro 2). O objetivo é exploratório, com foco em proporcionar mais familiaridade com o problema, assim a identificando e compreendo as causas das projeções de solda em processos de soldagem por ponto. Além de utilizar as FQ para identificação das causas raízes, e assim o estudo também propõe ações baseadas nos dados observados que incluem valores como foco no cliente, melhoria constante e decisões baseadas em pesquisas comprovadas (Cardoso et al., 2022; Pascoal; Hiroko Iamaguti; Vilela Bernardes, 2022).

Quadro 2 – Classificação da pesquisa

Natureza	Objetivo	Abordagem	Procedimentos de pesquisa
Básica	Exploratória	Quantitativa	Experimento
Aplicada	Descritiva	Qualitativa	Survey
	Normativa	Combinada	Estudo bibliográfico
			Estudo de caso
			Simulação

Fonte: Adaptado de Cronin e George (2023); Kothari e Garg (2019).

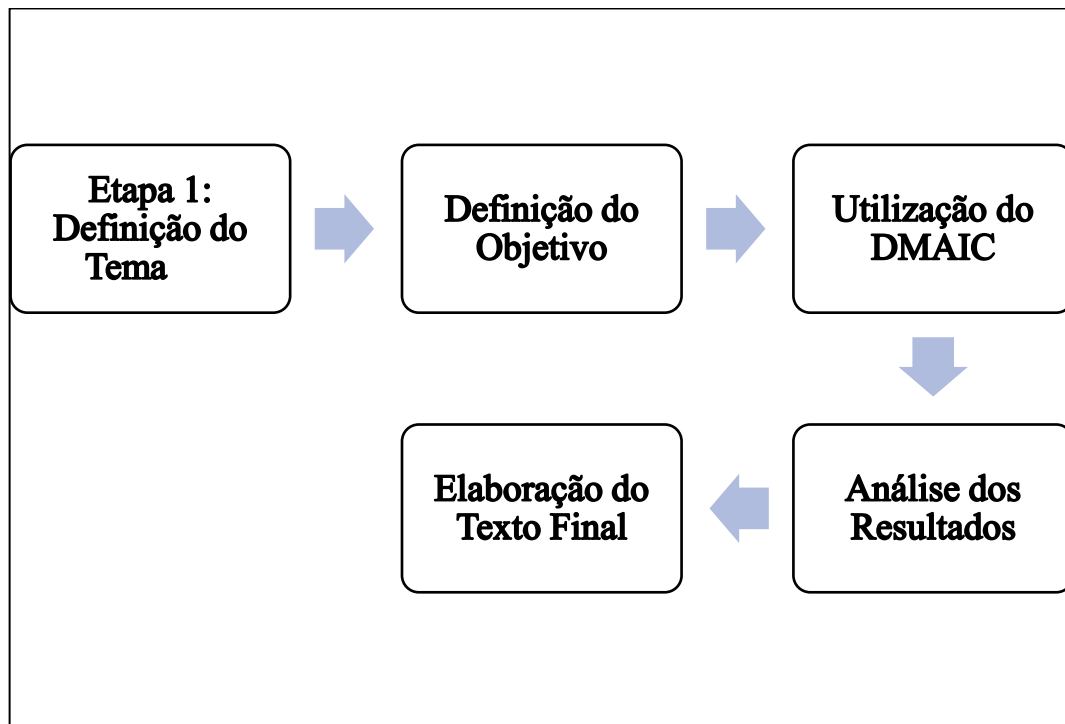
A abordagem adotada é qualitativa, definida como atividades situadas que localiza o observador (Baccin Brizolla et al., 2020). Essa abordagem permite a análise integrada de dados numéricos como parâmetros de processo e índices de falhas e fatores contextuais, como aspectos humanos e operacionais, oferecendo uma compreensão mais ampla e profunda do problema.

Quanto ao procedimento metodológico, foi utilizado o método de estudo de caso, aplicado em uma indústria automobilística localizada na região Sudeste do Brasil. O foco da pesquisa foi a análise do fenômeno da projeção de solda em processos de soldagem por ponto. Para estruturar a pesquisa, foi utilizado um Quadro 1, de classificação metodológica, e como ferramentas principais foram empregadas as FQ, com destaque para o relatório A3 e o ciclo *DMAIC*. A escolha dessas ferramentas se deu por sua eficácia na identificação de causas raízes, na sistematização de melhorias e na padronização de processos, conforme será detalhado na seção seguinte.

3.2 FLUXO METODOLÓGICO

Com o desenvolvimento desta pesquisa seguiu um fluxo metodológico estruturado em etapas sequenciais e independentes, conforme ilustrado no fluxograma da Figura 8. A organização das etapas buscou garantir rigor científico e coerência lógica entre a definição do problema, a aplicação das FQ e a análise dos resultados obtidos.

Figura 8 – Fluxograma metodológico do estudo



Fonte: Adaptado de Reis (2023).

A primeira etapa, correspondeu a definição do tema, momento em que foi delimitado o escopo da pesquisa, contextualizando o problema da projeção de solda no processo de soldagem por ponto e justificando sua relevância acadêmica e industrial. Essa definição foi fundamental para alinhar o estudo às necessidades práticas do setor automotivo e às lacunas identificadas na literatura científica.

Na sequência, realizou-se a definição do objetivo, etapa em que se estabeleceram o objetivo geral e os objetivos específicos da pesquisa. Essa etapa direcionou o trabalho para o diagnóstico das causas da projeção de solda e para a proposição de melhorias, garantindo que as ações estivessem alinhadas à busca pela redução de custos, aumento da qualidade e melhoria contínua do processo.

A terceira etapa, consistiu na utilização do *DMAIC*, ciclo estruturado da metodologia *LSS*, que orientou a investigação em cinco fases: *Define*, com a caracterização detalhada do problema; *Measure*, com a coleta e mensuração dos dados relevantes do processo; *Analyze*, com a identificação das causas raízes; *Improve*, com o desenvolvimento e implementação de soluções; e *Control*, com a padronização e monitoramento das melhorias. Esta etapa constituiu o núcleo metodológico da pesquisa, permitindo que o estudo fosse conduzido com base em

dados, fatos e ferramentas estatísticas. Em seguida, realizou-se a análise dos resultados, momento em que os dados coletados foram tratados e comparados com os indicadores de desempenho previamente definidos. Nessa etapa, foram aplicadas ferramentas complementares, como o diagrama de *Ishikawa* e o 5 Porquês, que auxiliaram na organização das informações e na proposição de ações corretivas.

Por fim, foi realizada a elaboração do texto final, etapa em que os resultados obtidos foram organizados e discutidos à luz do referencial teórico, permitindo a construção de conclusões fundamentadas e a proposição de recomendações para a continuidade da melhoria contínua. Dessa forma, o fluxo metodológico adotado assegurou que o estudo fosse conduzido de forma sistemática, favorecendo a integração entre a prática industrial e a fundamentação científica, além de proporcionar maior confiabilidade aos resultados e conclusões apresentados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação das FQ demonstrou resultados significativos, os quais, com o devido acompanhamento contínuo, tendem a favorecer a identificação de projeções, além de permitir a antecipação e a correção de problemas potenciais no processo produtivo. A ferramenta A3 e o método *DMAIC* foram utilizadas como instrumentos sistematizados de análise e solução de problemas. Seu uso permitiu a documentação das principais falhas observadas em determinado processo, bem como a proposição de melhorias, de forma estruturada e orientada por etapas lógicas.

4.1 *DMAIC* IMPLEMENTADO

Conforme demonstrado no Apêndice A, aplicação do *DMAIC* contribuiu para a delimitação de metas e para a definição de um caminho a ser seguido. Trata-se de um método amplamente reconhecida por sua eficácia na redução de desperdícios e na melhoria contínua, com impacto direto na diminuição de perdas em diversos tipos de processos industriais. No Apêndice A, foi aplicado o *DMAIC*, uma evolução ou um refino do *PDCA* que organiza melhor as etapas de um processo (Nogueira; M. Alvarenga; Constante Costa, 2023). Com a execução do método, a etapa *Define* foi conduzida por meio do relatório A3, que possibilitou a caracterização detalhada do problema, a identificação das falhas ocorridas no processo produtivo e a determinação das causas relacionadas às projeções de solda.

Em seguida, na etapa *Measure*, foi realizada a coleta sistemática de dados após a aplicação do A3, o que permitiu compreender de maneira precisa o funcionamento atual do processo e comprovou a eficiência da ferramenta na identificação do problema. Com base nos dados obtidos, passou-se à etapa *Analyze*, na qual foi possível investigar o problema em profundidade, identificar as causas raízes responsáveis pelas falhas observadas e avaliar as alternativas de melhoria de acordo com seu impacto no processo.

A partir dessas análises, na etapa *Improve*, foram desenvolvidas, priorizadas e implementadas as ações de melhoria mais viáveis e eficazes, voltadas à eliminação ou redução das projeções de solda, transformando os dados analisados em ações concretas e resultados efetivos. Por fim, na etapa *Control*, o foco esteve em garantir que as melhorias implementadas fossem sustentadas ao longo do tempo. Para isso, foram elaborados documentos e procedimentos padronizados destinados ao monitoramento e controle contínuo do processo, assegurando a padronização das ações e a prevenção de recorrência dos problemas.

Dessa forma, conforme demonstrado no Apêndice A, aplicação do método DMAIC contribuiu diretamente para a delimitação de metas, a definição de um plano estruturado de ações e o fortalecimento da cultura de melhoria contínua dentro do processo produtivo. A metodologia foi amplamente reconhecida por sua eficácia na redução de desperdícios, otimização de processos e minimização de perdas em diversos tipos de operações industriais.

4.1.1 Realização da etapa *Define*

A aplicação do método demonstrou resultados significativos, os quais, com o devido acompanhamento contínuo, tendem a favorecer a identificação de projeções, além de permitir a antecipação e a correção de problemas potenciais no processo produtivo. A ferramenta A3 foi utilizada como um instrumento sistematizado de análise e solução de problemas. Seu uso permitiu a documentação das principais falhas observadas em determinado processo, bem como a proposição de melhorias, de forma estruturada e orientada por etapas lógicas demonstrado no Figura 9.

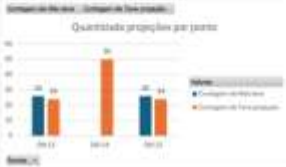

Figura 9 – A3 utilizado



Fonte: Adaptado de Bassuk e Washington (2013).

A Figura 10 apresenta a etapa de caracterização do problema utilizando a metodologia do *What, When, Where, Who, Which e How* (5W1H), aplicada ao contexto de excesso de projeção de solda na linha de estruturas Passage AR OP 100. O estudo identifica que o fenômeno ocorre diariamente durante a produção, principalmente nas soldas de peças singelas em conjunto com a pinça. As causas apontadas relacionam-se a falhas de verificação, longos períodos entre inspeções de parâmetros e condições das peças, como sujeira e variação de angularidade. Observou-se ainda uma tendência negativa, com alta frequência do problema, parcialmente mitigada após a troca de eletrodos. Essa análise inicial fornece subsídios para a definição de ações corretivas e estabelece a base para a investigação das causas raízes.

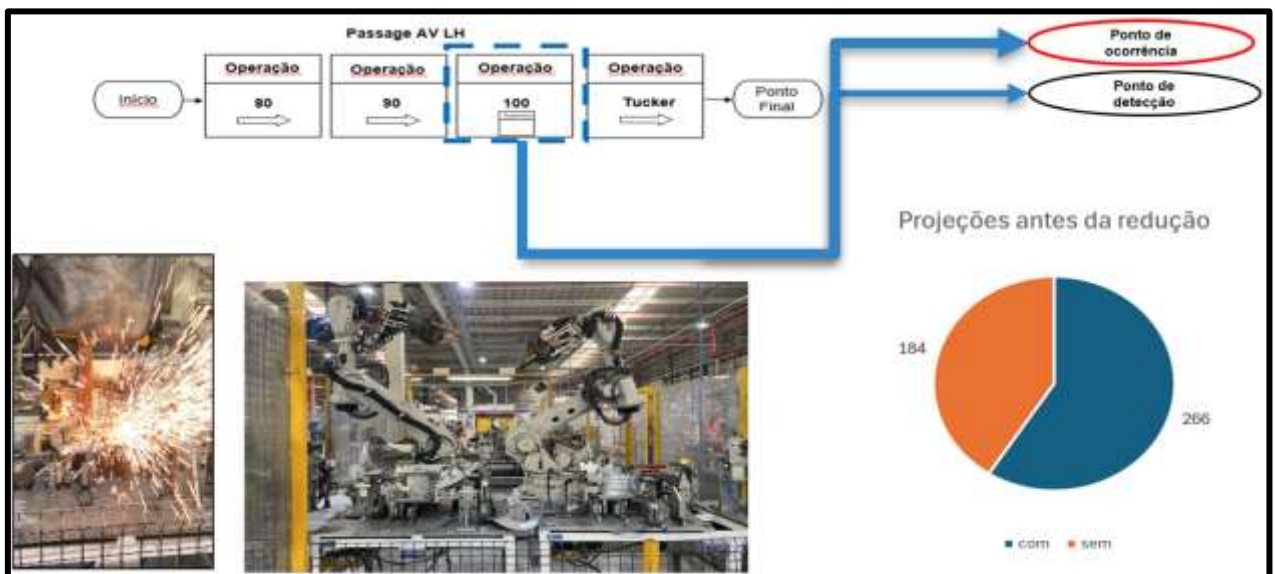
Figura 10 – Esclarecendo o problema A3

Descrição do Problema & Fenômeno			
Problema: Excesso de projeção de solda na linha de estruturas na Passage AR OP 100			
WHAT	O que aconteceu? (É possível reproduzir o problema?) Qual é o problema?	Excesso de projeção de solda	
WHEN	Quando ocorreu o problema / fenômeno? Na sequência da operação, no início da produção, durante a produção contínua, na troca, quando se desliga? Qual foi o dia? Que horas? Em qual turno?	Ocorre todos os dias durante a produção	
WHERE	Em que local você viu o problema? Em que lugar do equipamento, processo, produto/material você viu o problema / fenômeno?	O fenômeno ocorre nas soldas entre as peças singelas em conjunto com a pinça	
WHO	Quem pode causar o problema? Todos ou é um problema menor causado por algumas pessoas ou times? (se sim, quais informações eles podem oferecer?) Está relacionado com habilidade/capacidade?	Máquina e componente (falta de verificações de peças singelas e longo período entre as verificações de parâmetro).	
WHICH	Qual é a tendência ou amostra do fenômeno? Ex.: O fenômeno é mais frequente nas manhãs de segunda? Logo após uma troca de feramente? Ou é de forma aleatória? Está relacionado a alguma variação do processo? Quais fatores influenciam na ocorrência?	Tendência negativa (ocorre com muita frequência, mas a quantidade diminui quando há troca de eletrodo ou dressagem).	
HOW	Como o problema/fenômeno ocorreu? Qual foi a sequência de eventos que alteraram a condição normal?	Ocorre de modo que há peças com alto nível de sujeira, peças com variação de angularidade e variação dos parâmetros	
Fenômeno: Risco de peças não conforme devido a possível rebarba e ponto solda			
Imagem, desenho, gráfico, etc. para descrever o fenômeno		Equipe de Melhoria	
 		Nome: Gustavo Rodrigues Iago Ferreira Carlos Anderson Francisco	Função: Estagiário Engenheiro de manutenção Técnico de manutenção Líder do time
		Presença [%]: 100%	

Fonte: Adaptado de Bassuk e Washington (2013).

A etapa onde entendemos o processo apresentada na Figura 11 busca compreender a situação atual do processo de soldagem, mapeando as operações e identificando os pontos críticos de ocorrência e de desvio. O fluxograma evidencia a passagem das peças pelas operações até o ponto final, destacando a área onde o problema de projeção de solda é mais frequente. Imagens da linha de produção e dos equipamentos reforçam a análise prática do fenômeno. Além disso, o gráfico em pizza mostra a proporção de peças com e sem projeções antes da implementação das ações de melhoria, servindo como base comparativa para monitoramento dos resultados. Esse diagnóstico inicial é fundamental para direcionar as próximas etapas de investigação e solução.

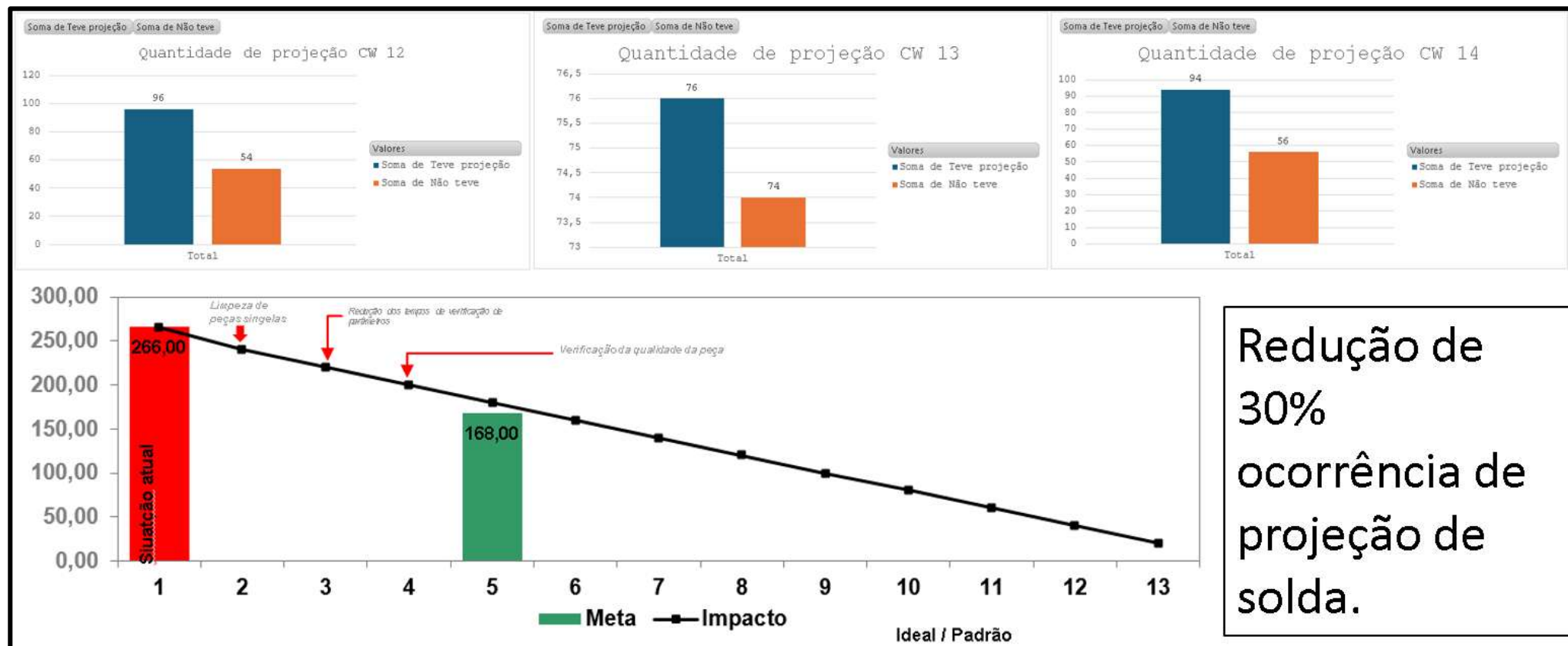
Figura 11 – Entender a situação ideal



Fonte: Adaptado de Bassuk e Washington (2013).

Na Figura 12 é apresentada a etapa de definição da meta, cujo objetivo é compreender o processo de soldagem, analisando a situação atual, mapeando as operações e identificando os pontos críticos de ocorrência de projeções. O fluxograma demonstra a sequência das operações e destaca as áreas mais afetadas, enquanto imagens da linha e dos equipamentos reforçam a análise prática do fenômeno. Com base em amostras coletadas na produção, os gráficos evidenciam a proporção de peças com e sem projeções e a tendência de redução desejada. Definiu-se como meta a redução de 30% na ocorrência de projeções de solda, promovendo maior confiabilidade e qualidade no processo, de forma alinhada aos padrões da indústria automobilística.

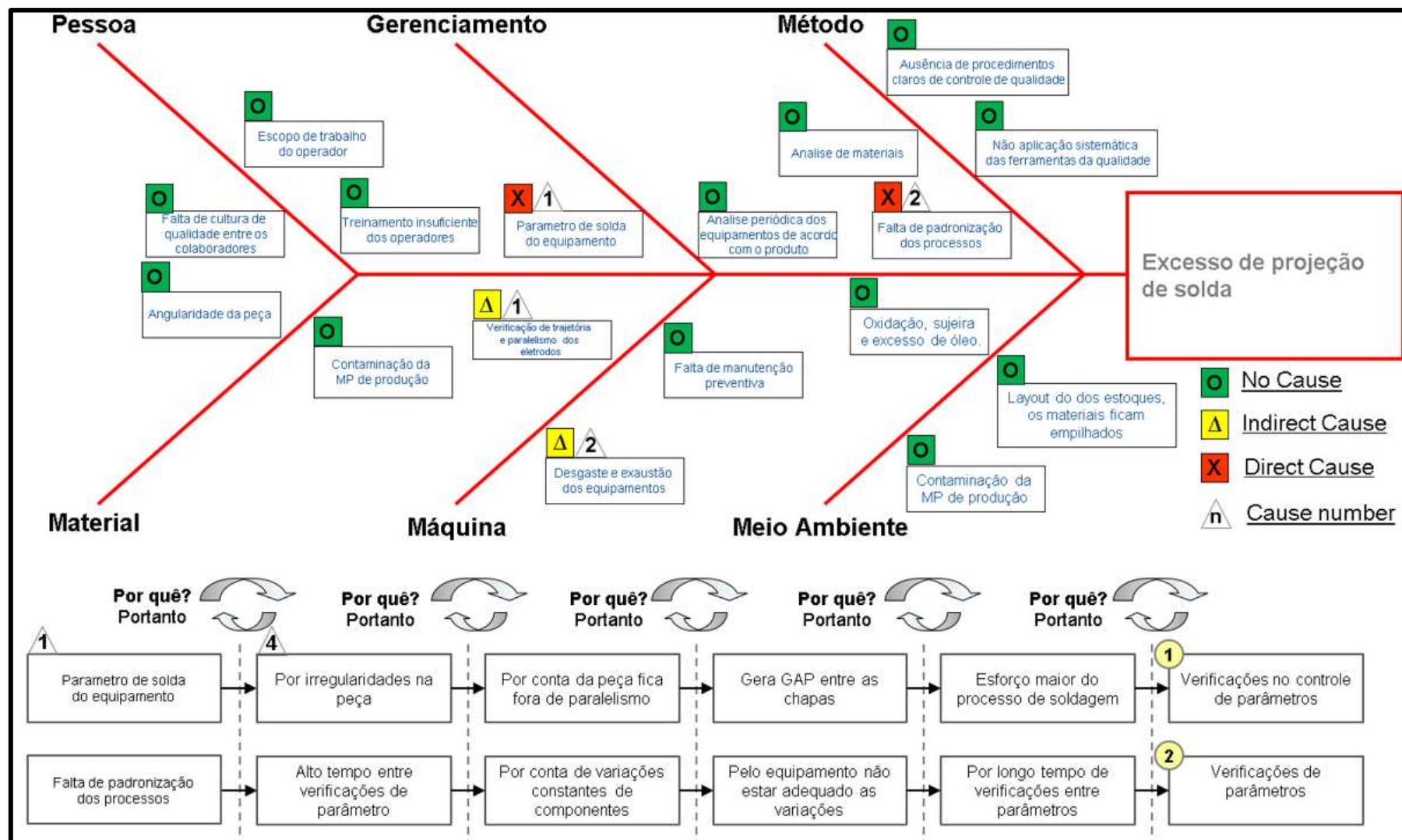
Figura 12 – Definir a meta



Fonte: Adaptado de Bassuk e Washington (2013).

A análise da causa raiz do excesso de projeção de solda foi realizada por meio do Diagrama de *Ishikawa* aliado à técnica dos 5 Porquês, como ilustrado na Figura 13, assim permitindo identificar fatores relacionados a pessoas, gerenciamento, métodos, máquinas, materiais e meio ambiente. Entre as causas diretas, destacou-se a falta de padronização dos processos e parâmetros inadequados de soldagem, enquanto causas indiretas envolveram o desgaste de equipamentos e falhas na manutenção preventiva. A investigação e a tempestade de ideias juntos dos participantes do projeto revelaram que a ausência de verificações frequentes e a variabilidade dos componentes geravam lacunas no paralelismo das peças, aumentando o esforço no processo de soldagem e favorecendo projeções. Assim, a metodologia aplicada possibilitou estruturar a relação entre causas e efeitos, fornecendo uma base sólida para propor contramedidas eficazes voltadas à melhoria do processo.

Figura 13 – Analisar a causa raiz (Ishikawa e 5 Porquês)



Fonte: Adaptado de Bassuk e Washington (2013).

A etapa de desenvolvimento e execução de contramedidas foi organizada em uma lista estruturada de tarefas e informações como mostrado na Figura 14, permitindo o acompanhamento detalhado das ações necessárias para reduzir as projeções de solda. Entre as medidas destacam-se a verificação de parâmetros de equipamentos, o controle da trajetória e paralelismo dos eletrodos, além do monitoramento do desgaste de componentes. Cada atividade foi atribuída a responsáveis específicos, com prazos bem definidos, garantindo clareza na execução e rastreabilidade do progresso. O status das ações, variando entre “em andamento” e “concluídas”, reflete a sistemática de acompanhamento e o comprometimento da equipe em resolver as causas identificadas. Esse processo evidencia a aplicação prática de ferramentas de gestão da qualidade, fortalecendo a tomada de decisão e o alcance de melhorias sustentáveis no processo produtivo.

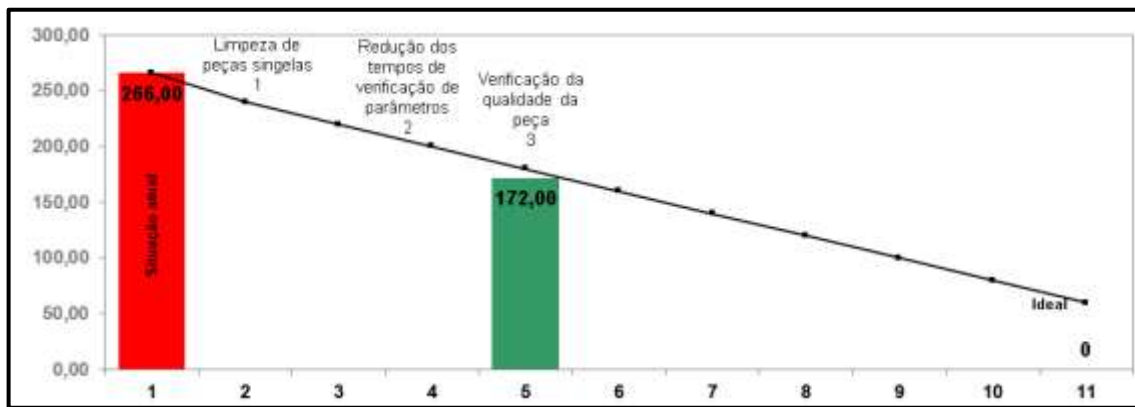
Figura 14 – Desenvolver contramedidas e executar

List of Open Points				Project:	Identificação e redução de projeção de solda	Last change:		
				Project Leader / Creator:	Gustavo Rodrigues			
No.	Type	Date	Triggered by	Open issue/ Topic / Risk / Opportunity ID	Action and expected results / Info / Decision	Due date	Responsible	Status
3	Task	16/05/25	Gustavo Rodrigues	Verificar parâmetro dos equipamentos	Verificar os SW com mais incidências	14/06/2025	Gustavo Rodrigues	Closed
4	Task	22/05/25	Gustavo Rodrigues	Falta de padronização dos processos	Verificar com a qualidade o plano de controle para realização de verificações de parâmetros	07/08/2025	Iago Ferreira	Closed
5	Task	22/05/25	Gustavo Rodrigues	Verificação da trajetória e verificação de paralelismo dos eletrodos	Verificar com os preparadores as condições de paralelismo dos eletrodos e a trajetória do robô	26/06/2025	Gustavo Rodrigues	In Work
6	Task	22/05/25	Gustavo Rodrigues	Verificação da trajetória e verificação de paralelismo dos eletrodos	Verificar com os preparadores as condições de trajetória do robô	26/06/2025	Gustavo Rodrigues	Closed
7	Task	29/05/25	Gustavo Rodrigues	Desgaste e exaustão dos equipamentos	Tirar foto do desgaste do eletrodo	19/08/2025	Gustavo Rodrigues	Closed
8	Task	29/05/25	Gustavo Rodrigues	Desgaste e exaustão dos equipamentos	Tirar foto das peças após eletrodo gasto	19/08/2025	Gustavo Rodrigues	Closed
9								

Fonte: Adaptado de Bassuk e Washington (2013).

A Figura 15 apresenta o monitoramento dos resultados após a implementação das contramedidas no processo de soldagem. Inicialmente, a situação registrava 266 ocorrências de projeção de solda, evidenciando a necessidade de melhorias. Com a aplicação progressiva das ações como a limpeza de peças singelas, a redução do tempo de verificação de parâmetros e a intensificação da verificação da qualidade das peças. Observou-se uma queda significativa para 172 ocorrências. A tendência de redução é representada pela linha de meta, que aponta para a eliminação gradual do problema ao longo das semanas, até alcançar o valor ideal de zero. Esse acompanhamento sistemático comprova a eficácia das medidas adotadas e reforça a importância do monitoramento contínuo para assegurar resultados sustentáveis.

Figura 15 – Monitorar resultados



Fonte: Adaptado de Bassuk e Washington (2013).

A etapa de padronização e lições aprendidas evidencia a importância de consolidar as melhorias alcançadas para garantir sua sustentabilidade como demonstrada na Figura 16. A criação e atualização de padrões operacionais asseguram consistência no processo de soldagem e reduzem falhas recorrentes. O treinamento contínuo dos colaboradores fortalece a aplicação das boas práticas e promove a qualidade. Além disso, o monitoramento da conformidade e a resposta rápida a desvios, por meio de sistemas de alerta, previnem recorrências e asseguram maior confiabilidade. Por fim, o compartilhamento do conhecimento adquirido e a disseminação das lições aprendidas contribuem para consolidar uma cultura organizacional voltada para a melhoria contínua.

Figura 16 – Padronizar e lições aprendidas

Padronização do processo foi necessário criar ou atualizar padrões operacionais para garantir consistência na soldagem e evitar projeções.
Treinamento contínuo a capacitação dos colaboradores no novo padrão mostrou-se essencial para manter a qualidade e reduzir falhas.
Monitoramento da conformidade implementar formas de verificar se todos seguem o padrão ajuda a manter o processo sob controle e prevenir desvios.
Sustentabilidade das condições garantir que materiais, máquinas e ambiente estejam adequados é fundamental para manter os resultados obtidos.
Resposta rápida a desvios ter mecanismos imediatos para identificar e corrigir problemas (como andon ou alertas automáticos) evita recorrências.
Compartilhamento de conhecimento documentar e disseminar as lições aprendidas fortalece a cultura de melhoria.

Fonte: Adaptado de Bassuk e Washington (2013).

No caso específico do processo de soldagem, as Ferramentas da Qualidade foram empregadas com o objetivo de reduzir a projeção de solda. Para isso, foram analisados os parâmetros de solda do equipamento, falta de padronização dos processos, verificação de trajetória e paralelismo dos eletrodos e o desgaste e exaustão dos equipamentos. Para a identificação das causas raízes do problema, foram aplicadas ferramentas complementares como o diagrama de *Ishikawa* (Espinha de Peixe) e o método 5 Porquês, que permitiram uma compreensão mais profunda dos fatores envolvidos.

Por fim, foi elaborada uma lista de ações propostas, com a designação dos responsáveis por cada tarefa, visando alcançar os indicadores de desempenho aceitáveis na linha de produção. Todo esse processo permitiu uma abordagem estruturada e eficaz para a solução do problema, alinhada aos princípios da melhoria contínua.

4.1.2 Realização da etapa *Measure*

Na etapa de *Measure*, buscou-se quantificar o problema identificado por meio da coleta de dados consistentes e representativos mostrados na Figura 17. Foram levantados os dados relacionados à ocorrência de projeções de solda no *Calendar Week* (CW), com a contagem de casos em diferentes datas de produção. O gráfico apresentado evidencia a variação no número de pontos *Spot Welding* (SW) com projeções de solda. Esses dados permitiram compreender a dimensão do problema e serviram de base para futuras análises estatísticas e identificação de causas. A mensuração, portanto, forneceu parâmetros concretos para avaliar a eficácia das ações implementadas posteriormente.

Figura 17 – Dados coletados

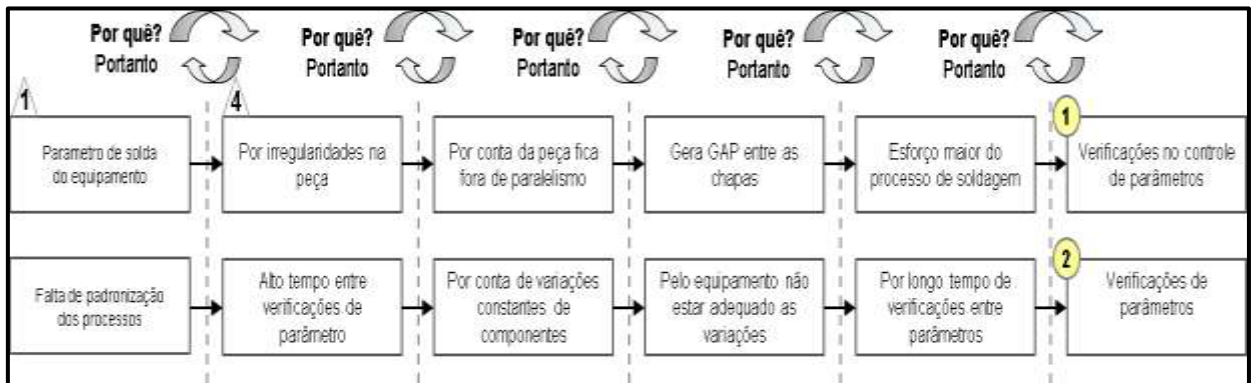


Fonte: Fonte: Adaptado de Bassuk e Washington (2013).

4.1.3 Realização da etapa *Analyze*

A etapa de *Analyze* busca identificar as causas raízes do problema por meio do uso de 5Porquês como mostrado na Figura 18. O estudo abordou a avaliação de variáveis como parâmetro de solda do equipamento, falta de padronização dos processos, verificação de trajetória e paralelismo dos eletrodos e o desgaste e exaustão dos equipamentos. Essa investigação permitiu correlacionar as falhas às variáveis do processo, tornando evidente que fatores técnicos e humanos estavam contribuindo para a ocorrência das projeções de solda. O uso de técnicas analíticas, como o diagrama de causa e efeito, possibilitou a visualização estruturada dos fatores críticos, orientando a priorização de ações corretivas.

Figura 18 – 5 Porquês utilizado



Fonte: Adaptado de SHIMATANI (2025).

4.1.4 Realização da etapa *improve*

Com base nas análises, foram propostas e implementadas ações de melhoria com foco na redução do tempo de verificação dos parâmetros de solda. As iniciativas incluíram treinamentos específicos para operadores, manutenções preventivas dos equipamentos e padronização das práticas de ajuste dos parâmetros de soldagem. Essas ações visaram não apenas à eliminação das causas das falhas, mas também à otimização do tempo gasto na inspeção e ajustes, garantindo maior eficiência do processo. A etapa de melhoria, assim, concentrou-se na implementação prática de soluções eficazes e de baixo custo, com impacto direto na qualidade do produto.

4.1.5 Realização da etapa *Control*

A fase final do ciclo *DMAIC* consiste no estabelecimento de mecanismos de controle que assegurem a sustentabilidade das melhorias alcançadas. Neste caso, foi elaborado um procedimento padronizado para monitoramento e verificação dos parâmetros de solda, garantindo que as práticas corretivas e preventivas fossem incorporadas à rotina produtiva. Além disso, a criação de planos de ação claros, com definição de responsabilidades, prazos e métodos de execução, contribuiu para a consolidação do novo padrão de qualidade. Dessa forma, a etapa de controle visa evitar a reincidência das falhas, promovendo a melhoria contínua do processo produtivo.

4.2 MELHORIAS OBTIDAS

Nesta sessão mostra o antes de o depois do processo e do problema como mostra o Quadro 3. Com tudo foi utilizado o método *DMAIC* e as FQ para analisar as falhas, identificar a causa raiz, propor melhorias e monitoras a incidência de projeção de solda.

Quadro 3 – Melhorias entre o antes e depois

Antes	Depois
Alta ocorrência de projeções de solda no processo.	Redução de 30% na ocorrência de projeções de solda.
Falta de padronização dos processos de soldagem.	Criação e atualização de padrões operacionais para garantir consistência.
Treinamento insuficiente.	Treinamento contínuo dos colaboradores.
Parâmetros de solda do equipamento não controlados de forma sistemática.	Monitoramento da conformidade para assegurar que todos sigam o processo.
Verificações demoradas e com intervalos longos entre ajustes de parâmetros.	Diminuição do tempo de verificação de parâmetros
Equipamentos com desgaste	Garantia da sustentabilidade: adequação de materiais, máquinas e ambiente.
Contaminação de matéria-prima (oxidação, sujeira, excesso de óleo).	Resposta rápida a desvios: mecanismos imediatos de correção (andon, alertas automáticos).
Ausência de procedimentos claros de controle de qualidade.	Compartilhamento de conhecimento: documentação e disseminação das lições aprendidas.
Não aplicação consistente das ferramentas da qualidade.	Cultura de qualidade fortalecida dentro da operação.

Fonte: Autor (2025).

O processo de soldagem inicialmente apresentava limitações relacionadas à qualidade visual e estrutural do produto, com grande incidência de projeções de solda. A ausência de padronização resultava em baixo desempenho. Observou-se também elevado tempo na verificação de parâmetros de solda, o que aumentava as falhas no processo. A degradação dos equipamentos e a aumentavam a instabilidade do processo. Além disso, foram identificados problemas nas peças singelas, além de apresentarem contaminação da matéria-prima por

oxidação, sujeira e excesso de óleo. Esses fatores, somados ao longo período entre as verificações de controle de qualidade, deixaram claro a alta taxa de projeção.

A análise das causas pela FQ, possibilitou a implementação de um conjunto de contramedidas voltadas à padronização e ao controle do processo. Foram elaborados e atualizados padrões operacionais que garantiram maior consistência e previsibilidade às operações de soldagem. Simultaneamente, estabeleceu-se um programa de melhoria contínua, elevando o nível de competência técnica e reduzindo a variabilidade humana. O monitoramento da conformidade foi introduzido como prática essencial, assegurando o cumprimento dos novos procedimentos. Para mitigar desvios, foram incorporados mecanismos de resposta rápida, como sistemas “Andon” e alertas automáticos, que possibilitaram intervenções imediatas. A verificação periódica de parâmetros técnicos foi estruturada, aumentando a confiabilidade dos equipamentos. Tais medidas também contemplaram melhorias nas condições ambientais e na organização dos estoques, promovendo sustentabilidade operacional.

Como consequência direta da aplicação dessas medidas, obteve-se uma redução de 30% na ocorrência de projeções de solda, demonstrando a efetividade do método. O processo produtivo passou a operar de forma mais estável, segura e eficiente, resultando em ganhos de qualidade e redução de perdas. Além dos benefícios quantitativos, houve fortalecimento da cultura organizacional de qualidade, por meio da sistematização e disseminação das lições aprendidas. A documentação das práticas bem-sucedidas consolidou-se como instrumento de gestão do conhecimento, prevenindo a reincidência de falhas. O uso integrado de ferramentas de análise da causa raiz contribuiu para a definição de melhores práticas operacionais. Dessa maneira, a intervenção não apenas solucionou problemas imediatos, mas também estabeleceu bases consistentes para ciclos futuros de melhoria contínua. Assim, o estudo evidencia a relevância da aplicação estruturada de metodologias de qualidade em processos industriais complexos.

5 CONCLUSÃO

A identificação de projeções de solda em processos de solda ponto, especialmente no setor automobilístico, é essencial para garantir a qualidade dos produtos, reduzir custos e perdas, otimizar o tempo de trabalho e melhorar continuamente os serviços oferecidos. A aplicação de ferramentas da qualidade, como o relatório A3 e o ciclo *DMAIC*, tem se mostrado eficaz na análise crítica dos processos, promovendo melhorias significativas na qualidade dos produtos e serviços. A metodologia adotada, que combinou dados qualitativos, permitiu uma

abordagem prática e sistemática para a resolução dos problemas. Essa integração metodológica se destaca não apenas pela estruturação lógica, mas principalmente pela forma estratégica de abordar os desafios operacionais. Além disso, a sinergia entre o A3 e o *DMAIC* ampliou os resultados, contribuindo para a consolidação de uma cultura organizacional voltada à excelência e ao aprendizado contínuo.

Conclui-se, portanto, que o uso das ferramentas da qualidade vai além da simples identificação de falhas: ele fortalece a gestão dos processos, eleva o padrão dos produtos entregues e aumenta a competitividade da empresa no mercado. O estudo validou a metodologia, alcançando uma redução de 30% nas projeções e estabelecendo um novo padrão de controle. Pesquisas futuras podem focar na eliminação total dessas projeções ou na aplicação deste método em outras linhas produtivas. Assim, sua relevância é evidente, pois contribui diretamente para o aumento da qualidade do produto e para a satisfação do cliente.

Como estudo futuro, recomenda-se a análise da viabilidade financeira das melhorias propostas, visando compreender o impacto econômico das ações implementadas. Essa avaliação permitirá mensurar se os investimentos realizados em treinamentos, manutenção preventiva, padronização de parâmetros e aquisição de insumos geram retorno financeiro positivo, contribuindo para a sustentabilidade das práticas de melhoria contínua.

Além disso, a viabilidade financeira poderá servir de base para a expansão do projeto em outras áreas da indústria, identificando oportunidades de ganho e racionalização de recursos. Dessa forma, este estudo contribui para a literatura ao demonstrar a aplicabilidade prática do *DMAIC* e do A3 no contexto automotivo, reforçando o papel das ferramentas da qualidade como instrumentos estratégicos de competitividade industrial.

REFERÊNCIAS

ANAND, Dr. M. Dev. **Research Methodology: Methods And Techniques**. 4^o ed. Nova Deli: San International Scientific Publications, 2024.

BACCIN BRIZOLLA, Maria Margarete *et al.* Uma revisão sobre a pesquisa qualitativa em ciências sociais aplicadas. **UFAM Business Review - UFAMBR**, v. 2, n. 3, p. 103–130, 2020.

BARSALOU, Matthew. Case Study in Hypothesis Prioritization with Ishikawa Diagrams. **Management Systems in Production Engineering**, v. 31, n. 4, p. 381–388, 1 dez. 2023.

BARSALOU, Matthew; STARZYŃSKA, Beata. Inquiry into the Use of Five Whys in Industry. **Quality Innovation Prosperity**, v. 27, n. 1, p. 62–78, 31 mar. 2023.

BASSUK, James A.; WASHINGTON, Ida M. The A3 Problem Solving Report: A 10-Step Scientific Method to Execute Performance Improvements in an Academic Research Vivarium. **PLoS ONE**, v. 8, n. 10, p. e76833, 29 out. 2013.

BOTEZATU, C. *et al.* Use of the Ishikawa diagram in the investigation of some industrial processes. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 682, n. 1, p. 012012, 1 nov. 2019.

BRASILEIRO, Brenda Elen Costa; COUTINHO, Heitor Lobo. Como a metodologia A3 pode ser aplicada para maior cumprimento do planejamento de mina. **Caderno Pedagógico**, v. 22, n. 7, p. e16606, maio 2025a.

BRASILEIRO, Brenda Elen Costa; COUTINHO, Heitor Lobo. Como a metodologia A3 pode ser aplicada para maior cumprimento do planejamento de mina. **Caderno Pedagógico**, v. 22, n. 7, p. e16606, 26 maio 2025b.

BUGOR, Franciani; LUCCA FILHO, João de. Utilização Da Metodologia Dmaic Para Promover Melhorias Na Qualidade Em Indústrias Alimentícias. **Revista Interface Tecnológica**, v. 18, n. 2, p. 724–733, 20 dez. 2021.

CANTINI, Alessandra; COSTA, Federica; PORTIOLI-STAUDACHER, Alberto. Driving corporate digitization with reliable data through the A3 approach: an Italian case study.

International Journal of Lean Six Sigma, v. 15, n. 8, p. 143–170, 16 dez. 2024.

CARDOSO, Ronald Palandi *et al.* Sustainable Quality Management: Unfoldings, Trends and Perspectives from the Triple Bottom Line. **Proceedings on Engineering Sciences**, v. 4, n. 3, p. 359–370, 2022.

CRONIN, Matthew A.; GEORGE, Elizabeth. The Why and How of the Integrative Review.

Organizational Research Methods, v. 26, n. 1, p. 168–192, jan. 2023.

DUAN, Zhenzhen *et al.* Study on ultrasonic evaluation of connection state and service performance of resistance projection welding joints. **Discover Applied Sciences**, v. 7, n. 5, p. 368, 18 abr. 2025.

ERISING. **O Ciclo DMAIC**. Disponível em: <<https://erising.pt/DMAIC/>>. Acesso em: 20 ago. 2025.

FARIA, Isabella Cristina Souza *et al.* Avaliação e seleção de processo de soldagem em uma empresa do setor metalúrgico por meio de métodos de tomada de decisão multicritério.

Exacta, v. 23, n. 1, p. 23–50, 8 mar. 2023.

FONSECA, Camila Soares; SILVA, Ivete Peixoto Pinheiro; BRANT, Gabriella Soares Caldeira. Influência Do Aporte Térmico Sobre A Microestrutura Em Juntas Soldadas De Aço Inoxidável AISI 304. **Engevista**, v. 19, n. 1, p. 1, 30 jan. 2017.

GOMES, Fabricia da Silva *et al.* The Main Benefits of Application of Six Sigma for Productive Excellence. **Quality Innovation Prosperity**, v. 26, n. 3, p. 151–167, 2022.

KOAL, Johannes *et al.* Understanding the bonding mechanism in short-time resistance projection welding: a comprehensive analysis. **Welding in the World**, v. 68, n. 7, p. 1757–1768, 16 jul. 2024.

KULMANN FILHO, Marco Aurélio da Rosa; MACHADO, Ivan Guerra. Resistência ao Impacto Estrutural de Perfis I Soldados-annotated.pdfStrength of Welded I-Profiles.

Soldagem e Inspecao, v. 29, 2024a.

KULMANN FILHO, Marco Aurélio da Rosa; MACHADO, Ivan Guerra. Resistência ao Impacto Estrutural de Perfis I Soldados. **Soldagem & Inspeção**, v. 29, p. 1–12, 23 fev. 2024b.

LIMA, Shirley Barbosa Ortiz *et al.* Ferramentas da qualidade aplicadas à conferência do carro de emergência: pesquisa de métodos mistos. **Escola Anna Nery**, v. 25, n. 2, 2021.

LUCA, L.; LUCA, T. O. Ishikawa diagram applied to identify causes which determines bearings defects from car wheels. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 564, n. 1, p. 012093, 1 out. 2019.

MATHISZIK, Christian *et al.* Non-destructive characterization of resistance projection welded joints by ultrasonic and passive magnetic flux density testing. **Welding in the World**, v. 68, n. 10, p. 2671–2682, 17 out. 2024.

NASCIMENTO, Renata Cristina Andrade do; PEREIRA, Rafael Mesquita. Competitividade da indústria automobilística do Brasil: uma análise dos veículos leves. **Economia e Desenvolvimento**, v. 35, p. e74485, 28 fev. 2024.

NOGUEIRA, Juliano; M. ALVARENGA, Samia; CONSTANTE COSTA, Ana Carolina. Metodologia DMAIC: Um estudo de caso para uma lanchonete no interior do estado do Rio de Janeiro. **Cadernos de Gestão e Empreendedorismo**, v. 11, n. 2, p. 68–85, 15 ago. 2023.

OLIVEIRA, José Augusto de *et al.* Um estudo sobre a utilização de sistemas, programas e ferramentas da qualidade em empresas do interior de São Paulo. **Production**, v. 21, n. 4, p. 708–723, 16 set. 2011.

PASCOAL, Erik Telles; HIROKO IAMAGUTI, Bruna; VILELA BERNARDES, Pedro Henrique. Metodologia A3: Prós e contras a partir da perspectiva de um estudo de caso. **Cadernos UniFOA**, v. 17, n. 49, p. 49–60, 2 ago. 2022.

PASCOAL, Erik Telles; IAMAGUTI, Bruna Hiroko; BERNARDES, Pedro Henrique Vilela. Metodologia A3. **Revista Produção Online**, v. 21, n. 4, p. 2012–2032, 25 mar. 2022.

PINHEIRO, Marco; REIS FILHO, Ramilio Ramalho. Soldagem Industrial: Tipos, aplicações e inovações tecnológicas para produtos mais eficientes. **Revista Interface Tecnológica**, v. 20, n. 2, p. 666–677, 20 dez. 2023.

REIS, José Salvador Da Motta *et al.* Contribution of Lean Manufacturing Concepts to Reducing Waste in Destructive Testing. **Proceedings on Engineering Sciences**, v. 5, n. 4, p. 627–636, 2023.

SALES, Juliana Pedroso de *et al.* Quality Management in The Contours of Continuous Product Improvement. **International Journal for Quality Research**, v. 16, n. 3, p. 689–702, 2022.

SAPUTRA, Fadillah Anugrah; SANTOSO, Deri Teguh. Analysis of Production Defects Using The 5 WHYS and RCA Method at PT. X. **TRANSMISI**, v. 20, n. 2, p. 52–59, 28 ago. 2024.

SEJČ, Pavol *et al.* The influence of parameters of the resistance projection welding of M10 steel nuts to the galvanized steel sheet DP 600 on selected joint characteristics. **Manufacturing Technology**, v. 20, n. 6, p. 822–833, 23 dez. 2020.

SHIMATANI, Yuuji *et al.* Introducing A New Framework for Implementing A “Five Whys” Analysis to Deal with Issues Related to Complex Structures in Project Design Education. **Journal of JSEE**, v. 73, n. 4, p. 4_65-4_70, 2025.

SILVA, Jeremy Michael Venâncio da; FRAGA, Francisco Edson Nogueira. Simulação computacional de uma soldagem por pontos e análise do gradiente térmico. **Soldagem & Inspeção**, v. 30, 2025.

SILVA, Isabela Moreira; CASAGRANDE, Diego José. A Utilização Das Ferramentas Da Qualidade Diagrama De Ishikawa E Fmea-Análise De Modos E Efeitos De Falhas Nas Empresas. **Revista Interface Tecnológica**, v. 19, n. 2, p. 961–973, 20 dez. 2022.

SRINIVASAN, K. *et al.* Six Sigma through DMAIC phases: a literature review. **International Journal of Productivity and Quality Management**, v. 17, n. 2, p. 236, 2016.

XING, Liwei *et al.* Optimization and Improvement of the Projection Welding of Nut Based on Regression Analysis. **ISIJ International**, v. 63, n. 4, p. ISIJINT-2022-409, 15 abr. 2023.

APÊNDICE A – FLUXO DMAIC

