

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LAVRAS CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**PORTFÓLIO ACADÊMICO
GESTÃO LOGÍSTICA E CONTROLE DE QUALIDADE NA INDUSTRIA
AUTOMOTIVA**

**Cinthia Estefani de Sousa
Gabriel Antônio Avelar
Valéria Cristina Luiz**

**LAVRAS-MG
2024**

Cynthia Estefani de Sousa
Gabriel Antônio Avelar Valéria
Cristina Luiz

**GESTÃO LOGÍSTICA E CONTROLE DE QUALIDADE NA INDUSTRIA
AUTOMOTIVA.**

Portfólio Acadêmico apresentado ao
Centro Universitário de Lavras, como
parte das exigências da disciplina
Trabalho de Conclusão de Curso, curso
de graduação em Engenharia Mecânica

PROFESSORA

Prof^ª. Dr^ª. Isadora Cota Carvalho

LAVRAS-MG

2024

Ficha Catalográfica preparada pelo Setor de Processamento
Técnico da Biblioteca Central do UNILAVRAS

S725g

Sousa, Cinthia Estefani de.

Gestão logística e controle de qualidade na indústria automotiva. /
Cinthia Estefani de Sousa, Gabriel Antônio Avelar, Valéria Cristina Luiz. –
Lavras: Unilavras, 2024.

81f.: il.

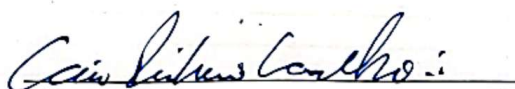
Portfólio acadêmico (Graduação em Engenharia Mecânica) –
Unilavras, Lavras, 2024.

Orientador: Prof.^a Isadora Cota Carvalho.

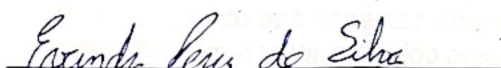
1. Logística. 2. Melhoria continua. 3. Qualidade. 4. Indústria. I. Avelar,
Gabriel Antônio. II. Luiz, Valéria Cristina. III. Carvalho, Isadora Cota.
(Orient.). IV. Título.

Centro Universitário de Lavras – UNILAVRAS

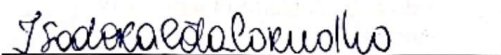
Portfólio intitulado “GESTÃO LOGÍSTICA E CONTROLE DE QUALIDADE NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA”, de autoria dos graduandos Cinthia Estefani de Sousa, Gabriel Antônio Avelar e Valéria Cristina Luiz, aprovado pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:



Prof. Ms. Caio Pinheiro Carvalho - UNILAVRAS (Convidado)



Prof. Dr. Evandro Pereira da Silva - UNILAVRAS (Presidente da Banca)



Profa. Dr^a Isadora Cota Carvalho – UNILAVRAS (Orientadora)

Aprovado em 16 de novembro de 2024

DEDICATÓRIA

Dedico este portfólio a todos que me inspiraram ao longo da minha jornada acadêmica. Agradeço aos professores, colegas e familiares pelo apoio e incentivo. Agradeço principalmente a Deus pois, sem Ele nada seria possível. Este trabalho é fruto do aprendizado e das experiências compartilhadas.

Cinthia Estefani de Sousa

Dedico este portfólio, em especial, à minha mãe, Inês, e ao meu pai, Israel, por todo o apoio, incentivo e exemplo ao longo dessa trajetória. Agradeço por terem sonhado junto comigo a conclusão da graduação em Engenharia.

Gabriel Antônio Avelar.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela força e sabedoria concedidas para superar os desafios desta jornada, e a todos que acreditaram em mim e me apoiaram ao longo do caminho. Minha gratidão especial à minha família, pelo amor e incentivo incondicionais, aos professores, por sua dedicação e por compartilharem seu conhecimento, foram fundamentais na construção deste percurso.

Valéria Cristina Luiz

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram para a realização deste portfólio. Agradeço a minha Professora e orientadora Isadora Cota pela orientação e sabedoria compartilhada, aos meus colegas pelas trocas de ideias e aos meus familiares pelo apoio incondicional. Por fim, agradeço a todos do Unilavras que contribuíram de forma significativa para a realização deste sonho. Este trabalho reflete o esforço coletivo e as experiências enriquecedoras que vivi durante minha formação em engenharia.

Cinthia Estefani de Sousa

Agradeço a Deus pela oportunidade e pelo discernimento ao longo da graduação, culminando na realização deste portfólio. Agradeço também aos meus colegas de curso, que, ao longo desses anos, contribuíram com experiências e apoio para meu desenvolvimento profissional e pessoal. Sou grato ainda aos professores da UNILAVRAS, fundamentais para agregar conhecimento e oferecer direcionamento durante toda a jornada da graduação, em especial à professora e orientadora Isadora Cota.

Gabriel Antônio Avelar

Agradeço primeiramente a Deus, que foi minha luz e força em cada etapa deste trabalho. Minha gratidão à professora Isadora Cota, cuja orientação e dedicação foram fundamentais para a realização deste sonho que agora se concretiza. Agradeço também aos professores da UNILAVRAS, que compartilharam seu conhecimento e inspiração ao longo da minha jornada. Agradeço ainda aos meus colegas de curso, que tornaram essa experiência mais leve e enriquecedora, e às minhas filhas, Lavínia e Luísa, que são minha fonte de alegria e motivação. Em especial, agradeço à minha mãezinha, que sempre intercedeu por mim, pelo amor e apoio incondicional. Obrigado a todos por fazerem parte desse momento especial!

Valéria Cristina Luiz

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Performance Diária Produção/Logística	14
Figura 2 Matéria prima em estoque — setembro/2024	15
Figura 3 Ponte rolante — setembro/2024.....	16
Figura 4 Empilhadeira — setembro/2024	17
Figura 5 Peças com e sem tratamento de zinco — setembro/2024	18
Figura 6 Roteiro dos caminhões – setembro/2024	19
Figura 7 Perdas de janeiro a julho de 2024.	23
Figura 8 Pareto de Custos de Refugo por Motivo – julho 2024.	23
Figura 9 Pareto de Itens Motivo Principal – julho 2024.	24
Figura 10 Plano de Ação	26
Figura 11 Etapas Ciclo PDCA	28
Figura 12 Vazamento na Solda na Região do Copo da Base.	32
Figura 13 Caracterização da falha de solda na região do copo da base.	33
Figura 14 Processo de soldagem MIG/MAG	35
Figura 15 Processo de posicionamento da Ferragem Antes da Solda.	36
Figura 16 Teste de Estanqueidade Apresentando Bolhas de Vazamento.	37
Figura 17 Diagrama de Ishikawa	37
Figura 18 Distância Entre o Bico de Solda e Metal Base e Alimentador do Eletrodo.	38
Figura 19 Teste Estanqueidade e borracha de Vedação.	39
Figura 20 Plano de Ação	41
Figura 21 Limpeza do Guia Espiral	42
Figura 22 Tubulação Guia Espiral	42
Figura 23 Substituição da Borracha de Vedação.	42
Figura 24 Laboratório Metrologia	46
Figura 25 Exemplo Diagrama de Ishikawa	47
Figura 26 PPAP Quando usar	50
Figura 27 Desenho de peça automotiva – Exemplo de Registro de Projeto	55
Figura 28 Exemplo de fluxo de fabricação de peça automotiva	56
Figura 29 Exemplo de estudo de sistema de medição para peça automotiva.....	58
Figura 30 Exemplo PSW	61

Figura 31 Exemplo de relatório dimensional em amostra de peça automotiva	63
Figura 32 Equipamentos de Medições	68

LISTA DE SIGLAS

NR's- Normas Regulamentadoras

KPI- *Key Performance Indicators*

ERP- Planejamento de Recursos Empresariais

PDCA- *Plan, Do, check e Act*

5G- *Genba, Gembutsu, gentisu, Geri e Gemsoku*

5W2H- *What, Why, Where, When, Who, How, e How Much*

6M- Método, Máquina, Mão de obra, Materiais, Medidas e Meio Ambiente.

MIG- *Metal Inert Gas*

MAG- *Metal Active Gas*

FMEA- Análise de Modos de Falha e Efeitos, do inglês *Failure Mode and Effects Analysis*.

PFMEA- *Process Failure Mode and Effects Analysis*

CEP- Controle Estatístico de Processo.

IATF- *International Automotive Task Force* (Força-Tarefa Automotiva Internacional).

PPAP- Processo de Aprovação de Peça de Produção.

AIAG- Automotive Industry Action Group (Grupo de Ação da Indústria Automotiva).

PSW- Certificado de Submissão de Peça.

PFEMA- Análise de Modo e Efeito de Falha do Processo.

DFMEA- Análise de Modo e Efeito de Falha do Design.

MSA- Análise do Sistema de Medição.

AAR- Relatório de Aprovação de Aparência.

CMM- Máquina de Medição por Coordenadas.

CAD- Computer Aided Design.

RA- Rugosidade Média Aritmética.

APQP-Planejamento Avançado da Qualidade do Produto.

RZ- Altura Máxima do Perfil.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 VIVÊNCIAS	12
2.1 Vivência da aluna Cinthia Estefani de Sousa	12
2.1.1 Local de Vivência	12
2.1.2 Planejamento e Controle de Produção.....	13
2.1.3 Armazenamento de matéria prima	14
2.1.4 Transporte e logística	17
2.2 Vivência do aluno Gabriel Avelar.....	20
2.2.1 Local das vivencias profissionais	20
2.2.2 Controle de Refugo Através da Atualização diária de KPI e Planos de Ação....	20
2.2.2.1Plano de Ação	25
2.2.3 Auxílio na tratativa de não conformidades.....	26
2.2.4 Estudo de Caso.....	31
2.3 Vivência da aluna Valéria	45
2.3.1 Local das Vivências Profissionais	46
2.3.2 Qualidade - Setor Automotivo	46
2.3.3 PPAP - Processo de Aprovação de Peça de Produção.....	49
2.3.4 Itens para garantir a qualidade e a conformidade dos produtos com as especificações do cliente	51
2.3.5 Níveis do PPAP	51
2.3.5.1 Itens do PPAP:	54
2.3.6 Resultados Dimensionais.....	62
2.3.7 Como Elaborar um Relatório Dimensional	63
2.3.8 Equipamentos Utilizados para Medição	65

3 AUTO AVALIAÇÃO	70
3.1 Autoavaliação da aluna Cinthia Estefani de Sousa	70
3.1.1 Desenvolvimento profissional.....	70
3.1.2 Desenvolvimento pessoal	70
3.1.3 Perspectiva de formação continuada	71
3.2 Autoavaliação aluno Gabriel Antônio Avelar	71
3.2.1 Desenvolvimento profissional.....	71
3.2.2 Desenvolvimento pessoal	71
3.2.3 Perspectiva de formação continuada	72
3.3 Autoavaliação aluna Valéria	72
3.3.1 Desenvolvimento profissional.....	72
3.3.2 Desenvolvimento pessoal	72
3.3.3 Perspectiva de formação continuada	74
4 CONCLUSÃO	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

1 INTRODUÇÃO

Eu, Cinthia Estefani de Sousa, graduanda de Engenharia Mecânica, estagiei em uma Empresa Metalúrgica que atua no desenvolvimento de processos de fabricação, possuindo ferramentaria própria para construção e manutenção de ferramentais e dispositivos. Neste portfólio quero proporcionar uma visão crítica e abrangente do meu desenvolvimento acadêmico ao longo da minha graduação, relatando experiências reais e desafiadoras, ilustrando a aplicação prática dos conceitos teóricos aprendidos que me prepararam para a atuação no mercado de trabalho.

Eu, Gabriel Antônio Avelar, durante o período de estágio atuei em uma empresa do setor automotivo. Sendo meu objetivo nesse portfólio trazer as experiências adquiridas no controle de qualidade e melhoria contínua de processos de fabricação através de ferramentas da qualidade, fazendo uma correlação com as disciplinas cursadas durante o curso de Engenharia Mecânica.

Eu, Valéria Cristina Luiz, estudante de Engenharia Mecânica, realizo atualmente um estágio em uma empresa brasileira que atua em serviços de estampagem em aço, soldagem de conjuntos, corte, usinagem, redução, expansão e gravação de tubos metálicos de componentes automotivos. O trabalho está sendo realizado no setor de qualidade, onde tenho a oportunidade de desenvolver diversas tarefas que deu sentido aos aprendizados teóricos do curso. Minha atuação no setor de qualidade da indústria automotiva tem como objetivo principal garantir a excelência dos produtos e processos, alinhando-os aos mais altos padrões de segurança, eficiência e desempenho. Estou comprometida com a inovação e a melhoria contínua, contribuindo para o desenvolvimento de produtos automotivos de alta qualidade que atendam às expectativas dos clientes e superem os desafios.

A relevância das experiências vividas por nós nesse portfólio foi de grande valia para nosso futuro profissional, pois nos preparara e capacita para poder raciocinar de maneira inovadora, além de abrir novos caminhos e alavancar nosso conhecimento.

2 VIVÊNCIAS

2.1 Vivência da aluna Cinthia Estefani de Sousa

Eu, Cinthia Estefani de Sousa, desde o ensino fundamental fui uma aluna que se destacava em matemática e física e, durante uma visita técnica a uma empresa de engenharia, senti um forte interesse na área da mecânica onde vi uma oportunidade de combinar uma paixão a uma possibilidade de criar soluções práticas para problemas reais. Durante a minha graduação, tive a oportunidade de estagiar no setor de Logística de uma empresa Metalúrgica localizada em Lavras-MG, que me proporcionou uma experiência ampla sobre a gestão e otimização de cadeias de suprimentos, desde o fornecimento de matérias-primas até a distribuição de produtos acabados.

2.1.1 Local de Vivência

O local onde realizei meu estágio como parte integrante deste portfólio, consiste de uma empresa Metalúrgica localizada na cidade de Lavras-MG, posicionada à margem da Rodovia na BR-265, que é uma das principais rotas logísticas do Brasil. A empresa em questão é especializada na produção de itens de regulamentação e segurança, como componentes e conjuntos soldados de amortecedores, máquinas de vidro, eixos, câmbios e escapamentos. Atuei no setor de logística, onde, para uma metalúrgica, é crucial para garantir que a empresa opere de forma eficaz, reduzindo custos, melhorando a qualidade e atendendo aos prazos de entrega. Aprendi que a logística dentro de uma empresa Metalúrgica não exige apenas o controle do fluxo de matéria prima, e sim uma série de habilidades como a comunicação entre as pessoas, organização, resolução de problemas, análises, além da compreensão dos processos e da cadeia de suprimentos, que me garantiu uma experiência ampla sobre todos os outros setores da empresa.

2.1.2 Planejamento e Controle de Produção

Para ter um bom planejamento e controle de produção é preciso primeiramente avaliar a capacidade produtiva da empresa e a demanda do mercado, com isso pode-se definir um cronograma detalhado para produção, especificando quando e como cada item deve ser fabricado, ressaltando que é muito importante integrar procedimentos de produção para garantir que os produtos atendam aos padrões estabelecidos e evitar retrabalhos e desperdícios.

O planejamento de controle de produção é um componente crítico na gestão de operações de uma empresa metalúrgica, especialmente na área de logística, onde obtive minha experiência de estágio. Esse planejamento envolve a coordenação eficaz dos recursos, a programação das atividades produtivas e a otimização dos processos logísticos para garantir a eficiência e a eficácia na entrega dos produtos finais. De acordo com Slack *et al.* (2019), o planejamento de produção visa alinhar a demanda com a capacidade de produção, enquanto o controle de produção busca monitorar e ajustar as operações para assegurar o cumprimento dos planos estabelecidos.

Na indústria metalúrgica, onde a complexidade dos processos e a necessidade de alta precisão são elevadas, o planejamento e o controle de produção devem integrar considerações específicas, como a gestão de estoques de matérias-primas e o gerenciamento dos ciclos de produção. De acordo com Heizer e Render (2014), um planejamento eficaz requer a definição clara dos requisitos de produção, a análise das capacidades das máquinas e a sincronização das atividades entre os diversos setores da empresa.

A logística desempenha um papel fundamental nesse contexto, pois garante a movimentação eficiente dos materiais e produtos acabados. O planejamento logístico deve considerar a localização dos fornecedores, a capacidade de armazenamento e a eficiência dos sistemas de transporte, conforme destacado por Christopher (2016). A integração entre o planejamento de produção e as operações logísticas é crucial para minimizar os custos, reduzir os prazos de entrega e melhorar o nível de serviço ao cliente.

Na empresa onde estagiei o planejamento e controle de produção é feito a partir de uma planilha (Figura 1) onde se pode monitorar o progresso da produção em relação ao planejamento, para que possamos identificar e corrigir desvios garantindo que os objetivos sejam alcançados.

Figura 1 Performance Diária Produção/Logística

GG CÍCLOPE		PERFORMANCE DIÁRIA PRODUÇÃO/LOGÍSTICA																			
Fábrica Geral																					
Data	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Dia da Semana	seg	ter	qua	qui	sex	sáb	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sáb	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sáb	dom
Produzido dia	216.508	199.187	252.079	128.964	230.181	0	0	244.584	174.469	102.599	187.468	272.653	0	0	164.181	239.036	212.211	175.593	128.887	0	0
Meta/dia	219.291	219.291	219.291	219.291	219.291	0	0	219.291	219.291	219.291	219.291	219.291	0	0	219.291	219.291	219.291	219.291	219.291	0	0
Delta Dia	-2.783	-20.104	32.788	-90.327	10.890	0	0	25.293	-44.822	-116.692	-31.823	53.362	0	0	-55.110	19.745	-7.080	-43.708	-89.404	0	0
% Dia	99%	91%	115%	59%	105%			112%	80%	47%	85%	124%			75%	109%	97%	80%	59%		
Realizado Acumulado	216.508	415.695	667.774	796.738	1.026.919	1.026.919	1.026.919	1.271.503	1.445.972	1.548.571	1.736.039	2.008.692	2.008.692	2.008.692	2.172.873	2.411.909	2.624.120	2.799.703	2.929.590	2.929.590	2.929.590
Meta Acumulado	219.291	438.582	657.873	877.164	1.096.455	1.096.455	1.096.455	1.315.746	1.535.037	1.754.328	1.973.619	2.192.910	2.192.910	2.192.910	2.412.201	2.631.492	2.850.783	3.070.074	3.289.365	3.289.365	3.289.365
Delta Acumulado	-2.783	-22.887	9.901	-80.426	-69.536	-69.536	-69.536	-44.243	-89.065	-205.757	-237.580	-184.218	-184.218	-184.218	-239.328	-219.583	-226.663	-270.371	-359.775	-359.775	-359.775
% Atingido	99%	95%	102%	91%	94%	94%	94%	97%	94%	88%	88%	92%	92%	92%	90%	92%	92%	91%	89%	89%	89%

Fonte: adaptado por Cinthia

Durante o estágio tive a oportunidade de acompanhar e alimentar a planilha representada na Figura 1 que nos mostra a performance diária da produção, ressaltando a porcentagem da produção do dia em relação à meta do dia, que é calculada de acordo com os resultados do mês anterior para que possamos ter um controle melhor e mais produtivo a cada mês. Durante minha graduação pude aprender sobre planejamento, metas e estratégias na disciplina de Gestão de Projetos, onde consegui enxergar toda teoria aprendida, agora na prática aplicando meus conhecimentos e tendo um melhor entendimento sobre como posso ajudar a melhorar o planejamento e controle de produção.

2.1.3 Armazenamento de matéria prima

O armazenamento de matéria-prima é um aspecto crucial na gestão operacional de empresas metalúrgicas. Ele desempenha um papel fundamental na eficiência da produção, no controle de custos e na qualidade dos produtos finais.

Um armazenamento eficiente de matéria-prima é essencial para minimizar custos e evitar desperdícios. Segundo Pimenta e Silva (2020), o gerenciamento adequado do estoque reduz o risco de obsolescência e deterioração dos materiais, garantindo que a matéria-prima esteja disponível conforme necessário para a produção.

A proteção dos materiais contra condições ambientais adversas é crucial. Por exemplo, metais podem ser suscetíveis à corrosão se não forem armazenados em ambientes controlados. A instalação de sistemas de controle de temperatura e umidade é recomendada para manter a integridade dos materiais (Costa, 2022). Na empresa, a matéria prima estocada fica na expedição, local aberto e livre de umidade, onde são envolvidas em plásticos e em paletes para evitar contato com chão e possíveis agentes externos (sujidade) que possam comprometer a qualidade do material (Figura 2). Cada bobina é identificada por uma etiqueta que contém informações sobre o material para que, logo após o descarregamento na expedição seja feito uma verificação se os materiais atendem a demanda solicitada, com volumes e medidas corretas. Na disciplina de Engenharia dos Materiais aprendi sobre a corrosão e a degradação dos aços, e acompanhando o processo de armazenamento de matéria prima pude perceber o quão importante é conhecer os tipos de aços para que cada um tenha uma armazenagem adequada sem comprometer a qualidade do material.

Figura 2- Matéria prima em estoque — setembro/2024



Fonte: Autoria própria.

A segurança é um fator importante no armazenamento de matéria-prima. O cumprimento das normas de segurança e a implementação de medidas preventivas são necessários para proteger tanto os funcionários quanto os materiais armazenados. A capacitação dos funcionários sobre práticas seguras e a manutenção de um ambiente de trabalho seguro são essenciais para a prevenção de acidentes e danos aos materiais (Oliveira, 2023). Na empresa onde estagiei, o transporte de tubos no interior da fábrica para armazenagem é feito através de uma ponte rolante (Figura 3) onde, durante seu funcionamento, é proibido o tráfego de pessoas para evitar acidentes. No primeiro período da minha graduação tive a disciplina de Higiene e Segurança no Trabalho, onde menciona todas as atuais 38 Normas Reguladoras (NR's) que devemos ter conhecimento para que nunca ocorra um acidente no trabalho, principalmente em indústrias metalúrgicas como a que eu estagiei.

Figura 3 Ponte rolante — setembro/2024



Fonte: Autoria própria.

Existem vários tipos de equipamentos e máquinas disponíveis no mercado que auxiliam no processo de armazenagem de matéria prima, como a empilhadeira vertical (Figura 4) com o objetivo de uma estocagem mais eficiente, evitando esforço físico ou até mesmo acidentes. As empilhadeiras da empresa são alugadas, e todo mês a empresa que oferece os aluguéis das empilhadeiras nos mandam a fatura juntamente com o seguro, para caso de manutenções.

Figura 4 Empilhadeira — setembro/2024



Fonte: Autoria própria.

Para Milan (2003, p.18), “a empilhadeira pela versatilidade que possui, recebe, movimenta, armazena e expede os produtos com destino aos clientes, constituindo assim um equipamento indispensável para a empresa”.

2.1.4 Transporte e logística

O setor metalúrgico depende de matérias-primas, que precisam ser transportadas de fornecedores para as fábricas. Além disso, os produtos acabados devem ser distribuídos para diversos canais de venda, ou para empresas que oferecem um trabalho de tratamento de zinco, mais conhecido como galvanização, como é o caso da empresa onde estagiei que fazem o transporte de peças que precisam do tratamento zinco para sua montagem (Figura 5), que tem como principal objetivo formar uma camada protetora que impede a oxidação do aço, aumentando

sua durabilidade e melhorando sua resistência a ambientes agressivos, como umidade e produtos químicos.

Figura 5 Peças com e sem tratamento de zinco — setembro/2024



Fonte: Autoria própria.

A escolha de modos de transporte adequados (rodoviário, ferroviário, marítimo ou aéreo) é fundamental, pois cada um possui características que podem impactar o custo e o tempo de entrega (Ballou, 2004). O modo de transporte na empresa em questão é feito através de transporte rodoviário, onde empresas terceirizadas de transporte nos oferecem serviços que atendem o nosso prazo já com um planejamento semanal de rotas, como se pode ver na Figura 6.

Figura 6 Roteiro dos caminhões – setembro/2024

Roteiro	Caminhão Giro SP		
	<u>2ª Feira</u>	<u>4ª Feira</u>	<u>6ª Feira</u>
	Ciclope (Lavras/MG)	Ciclope (Lavras/MG)	Ciclope (Lavras/MG)
	CD AAM (Hortolândia/SP)	CD AAM (Hortolândia/SP)	JCR (Limeira/SP)
	Plascar (Jundiaí/SP)	Plascar (Jundiaí/SP)	Itu/SP ou Osasco/SP
	(Guarulhos/SP)	CD Kayaba (São Paulo/SP)	(Guarulhos/SP)
		(Guarulhos/SP)	
Roteiro	Caminhão Giro SP	Caminhão Giro MG	
	<u>2ª Feira</u>	<u>4ª Feira</u>	<u>6ª Feira</u>
	Ciclope (Lavras/MG)	Ciclope (Lavras/MG)	Ciclope (Lavras/MG)
	CD Kayaba (São Paulo/SP)	Sila (Betim/MG) / Offlimits	Sila (Betim/MG) / Offlimits
	(Guarulhos/SP)	PCMA (Itaúna/MG)	PCMA (Itaúna/MG)

Fonte: adaptado por Cinthia

Por se tratar de uma empresa metalúrgica, é enfrentado diversos desafios de transporte e logística, como a volatilidade dos preços das matérias-primas e a necessidade de atender a requisitos de entrega cada vez mais rigorosos. Além disso, a sustentabilidade torna-se um fator importante, exigindo que as empresas adotem práticas que minimizem o impacto ambiental das suas operações (Mentzer et al., 2001). O transporte de materiais pesados e volumosos requer planejamento cuidadoso para evitar danos e perdas, o que pode impactar a rentabilidade da empresa. Na disciplina de Gestão de Investimentos aprendi sobre o processo de administração de recursos financeiros na empresa, onde pude aplicar na prática as estratégias de atender a pedidos de clientes que exigiam materiais de qualidade superior e conseqüentemente de maior custo, sem alterar os objetivos financeiros.

2.2 Vivência do aluno Gabriel Avelar

Eu, Gabriel Antônio Avelar, sempre fui movido por desafios, curiosidade e vontade de aprender como as máquinas funcionam, surgindo o interesse pela Engenharia. Em 2022 tive a oportunidade de entrar no mundo industrial, o qual sempre me despertou interesse desde o início do curso de Engenharia Mecânica. Nesta ocasião iniciei minha jornada no setor de Qualidade em uma indústria automotiva em Minas Gerais, ampliando cada vez mais meus conhecimentos sobre a dinâmica de funcionamento de uma indústria, Melhoria Contínua de Processos e como desenvolver, implementar e controlar a qualidade em processos de fabricação. Cada um desses temas será explorado nas próximas seções.

2.2.1 Local das vivencias profissionais

Minha experiência de estágio foi realizada em uma empresa automotiva em Minas Gerais, especializada em serviços de estampagem de aço, soldagem de conjuntos, corte, usinagem, redução, expansão e gravação de tubos metálicos. A empresa se dedica ao desenvolvimento de processos de fabricação, contando com ferramentaria própria para a construção e manutenção de ferramentas de estamparia.

A fábrica opera com prensas excêntricas e hidráulicas, proporcionando maior flexibilidade na produção, economia de material e agilidade nos *set-ups*. Além disso, dispõe de ferramentas modulares, progressivas e transferidas, sistemas de alimentação de material com movimentos longitudinais e prensas com mesa móvel.

2.2.2 Controle de Refugo Através da Atualização diária de KPI e Planos de Ação.

Segundo Lorite *et al* (2021), um produto de qualidade para os usuários é aquele que atenda suas expectativas ou as surpreenda, sendo, portanto, algo subjetivo que varia de usuário para usuário. No âmbito industrial, esse conceito se diferencia um pouco, pois se trata de atender aos requisitos propostos pelo cliente. Um produto, nesse contexto, refere-se a qualquer bem ou serviço oferecido ao mercado para satisfazer uma necessidade ou desejo, sendo geralmente um item tangível fabricado para atender a especificações técnicas e requisitos definidos. Assim, a entrega de um

produto que atenda fielmente às especificações propostas pelo cliente é, portanto, um produto de qualidade.

Com base nas exigências de cada cliente, a organização designa uma equipe específica para desenvolver, implementar e manter os sistemas de gestão da qualidade, com o objetivo de medir e controlar a qualidade no processo produtivo. Isso significa que os padrões de qualidade são estabelecidos, implementados e monitorados em toda a cadeia de produção. Para definir esses padrões, a ISO 9001 geralmente é utilizada como uma referência abrangente. Além de ser um excelente sistema de gestão, a ISO 9001 permite que as empresas busquem uma certificação de qualidade reconhecida internacionalmente (Lorite *et al*, 2021).

Neste contexto, é essencial garantir a qualidade dos produtos e controle no processo, eliminando e gerenciando os itens que acarretam perdas, ou seja, todo produto que foge dos requisitos estabelecidos pelo cliente. É importante definir uma meta de perda para que os itens de controle sejam gerenciados, conceituado também como Indicadores-Chave de Performance - KPI (do inglês *Key Performance Indicators*). Os KPIs permitem medir, analisar e mapear o desempenho, sendo métricas primordiais para a avaliação da performance e não-qualidade de processos na empresa, pois o que não se gerencia não se pode melhorar. (Falconi, 2004).

Na indústria em questão, os itens de controle são gerenciados através de uma base de dados a qual alimentam os gráficos desenvolvidos com base no princípio de Pareto.

Segundo Machado (2012), Diagrama de Pareto é uma ferramenta que organiza e prioriza os processos das empresas com base em sua importância, ajudando a identificar e corrigir erros, o que reduz custos, riscos e problemas nos produtos. O objetivo é coletar dados para gerar um gráfico de barras decrescente, que destaca os problemas mais urgentes a serem resolvidos nas empresas. Essa ferramenta, conhecida como 80/20, sugere que 80% dos efeitos resultam de 20% das causas. Isso significa que, frequentemente, a maioria dos problemas gera poucos

prejuízos por serem triviais, enquanto uma pequena quantidade de problemas mais críticos pode causar perdas significativas, sendo essas concentradas nos 20%.

A partir desse princípio, as perdas diárias na empresa automotiva em questão são registradas em um sistema de Planejamento de Recursos Empresariais (ERP, do inglês *Enterprise Resource Planning*), que é uma ferramenta de gestão empresarial utilizada para centralizar todos os dados operacionais. Com essas informações, é possível realizar análises detalhadas para reduzir custos. Um exemplo disso é a criação de gráficos de barras que permitem segmentar as perdas e identificar a fonte exata dos problemas, seja uma máquina específica, um processo ou mesmo a matéria-prima do produto (Miranda, 2002).

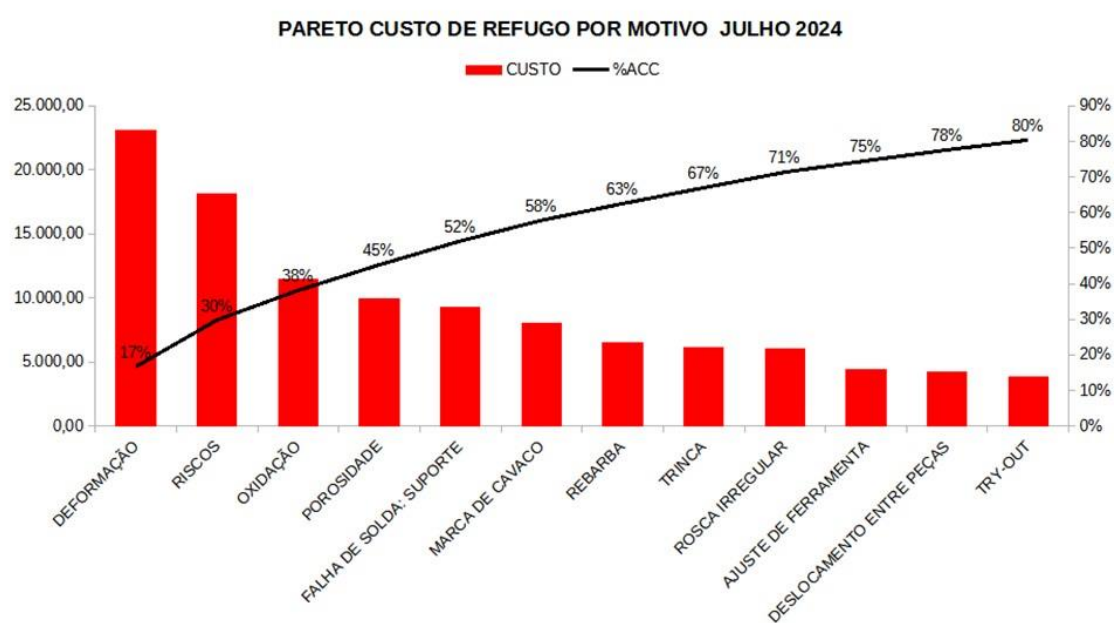
O gráfico de barras representado na Figura 7 detalha as perdas da indústria ao longo dos sete primeiros meses de 2024, enquanto o gráfico de Pareto, apresentado na Figura 8, faz uma análise específica do mês de julho de 2024, onde, de acordo com o Princípio 80/20 de Pareto. Destaca-se que os 20% das causas acumuladas são aquelas que requerem foco para obter um impacto de 80% nos resultados. Como representado no gráfico da Figura 8, sendo a perda por deformação, representa 17% das perdas, estando, portanto, dentro do limite de 20% e sendo o principal ponto de foco para a solução dos problemas. Com objetivo de melhor estratificar a análise de perdas, na Figura 9 tem-se a evidenciação dos motivos principais que tem maior impacto dentre os 16%.

Figura 7 Perdas de janeiro a julho de 2024.



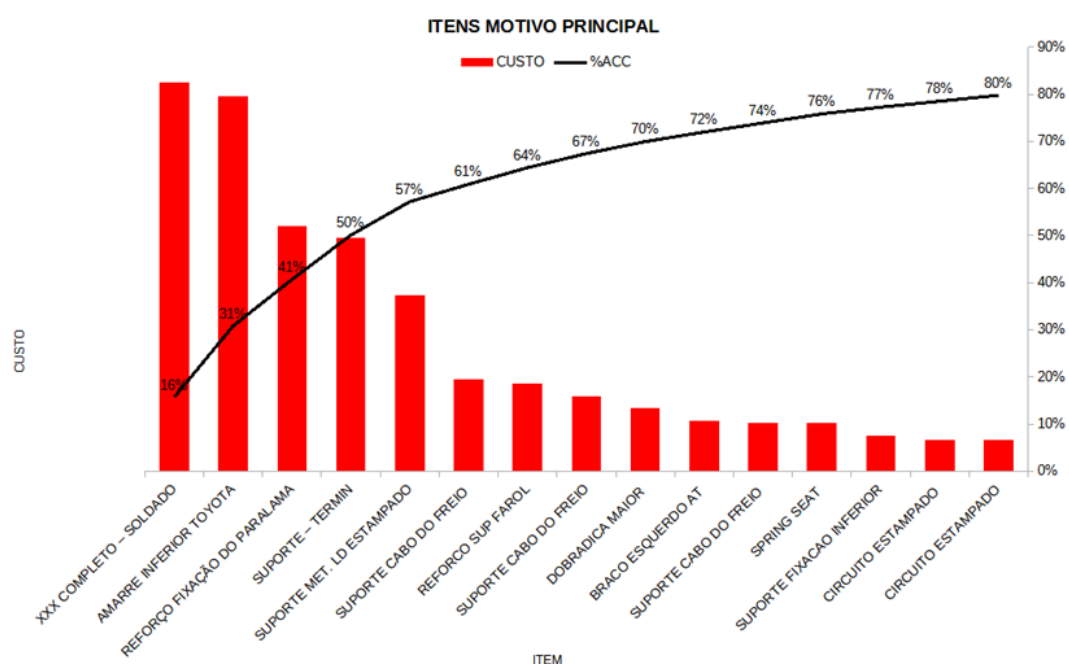
Fonte: Autoria Própria

Figura 8 Pareto de Custos de Refugo por Motivo – julho 2024.



Fonte: Autoria Própria

Figura 9 Pareto de Itens Motivo Principal – julho 2024.



Fonte: Autoria Própria

A partir do estudo dos dados evidenciados nas Figuras 7,8 e 9, tem-se que, como resultado pelo princípio de Pareto, que o item com maior impacto é o XXXCOMPLETO–SOLDADO. Com base nesse resultado, uma reunião extraordinária é convocada com o time responsável da fábrica, envolvendo as áreas de manutenção, engenharia e qualidade, para aprofundar a análise e identificar o local específico onde o problema foi gerado.

Após definir o item XXXCOMPLETO–SOLDADO, inicia-se a análise do caso observando como o problema se manifesta na peça específica, onde o motivo da falha já foi evidenciado. Para isso, é realizada uma avaliação minuciosa de todos os componentes, pois, como já se encontram soldados como no caso em questão, é necessário determinar se a falha está em um componente específico ou no processo de solda. Com o apoio e conhecimento técnico do time, o problema é gradualmente estratificado e definido com maior precisão, permitindo identificar padrões de falha e sua frequência de ocorrência. A rastreabilidade é possível através dos indicadores chaves KPI, definidos onde registram cada item descartado, sendo aplicado a teoria

de Falconi (2004) que diz para definir os indicadores chaves, e conseqüentemente segundo o princípio de Pareto.

Com uma definição mais clara e precisa do problema, é possível proceder à avaliação completa do processo de fabricação. Segundo Falconi (2004) é necessário ter um procedimento operacional padrão bem definido, que atenda às necessidades do produto a ser produzido. Sendo tal documento responsável por listar o que deve ser realizado no processo, isso inclui verificar se as condições preestabelecidas para as máquinas estão de acordo com o que está descrito nos procedimentos operacionais, se os padrões dimensionais estão sendo rigorosamente atendidos, se a matéria-prima cumpre os requisitos definidos, se os métodos e o fluxo de trabalho são adequados e, finalmente, se a mão de obra está devidamente treinada e cumpriu todos os procedimentos estabelecidos.

Após a análise detalhada desses pontos, é possível validar cada um deles. Aqueles que não forem validados através dos procedimentos são considerados como potenciais causas do problema em questão. Com base nessas causas, é elaborado um plano de ação que visa restaurar as condições preestabelecidas ou implementar melhorias no processo, garantindo assim que o item fabricado atenda fielmente às especificações técnicas e aos requisitos definidos pelo cliente (Lorite, 2021).

2.2.2.1 Plano de Ação

A elaboração de um plano de ação é essencial para a eficiência da gestão de processos produtivos, pois envolve a organização detalhada das etapas necessárias para alcançar os objetivos, garantindo que cada tarefa tenha um responsável, um prazo definido e os recursos apropriados para sua execução (Costa Junior, 2012).

Considerando a importância do plano de ação, ao final da reunião, com o problema delimitado e as ações definidas, é elaborado um plano de ação para estabelecer uma nova condição que solucione o problema. Para o caso específico de perdas auditadas em 07/2024, foram definidos um prazo para controle das ações e um monitoramento por meio de indicadores de performance, de modo a comprovar a

eficácia das ações implementadas e a resolução da causa do problema. Um exemplo de *layout* de um plano de ação é apresentado na Figura 10.

Figura 10 Plano de Ação

Plano de Ação Refugio – XXX							
REFUGO				Empresa Automotiva			
Gestor do Plano / e-mail / telefone:							
Membros do time:							
Código de Cores							
R	Tarefa atrasada / Fora do prazo (Vermelho / Red)						
Y	Tarefa comprometida ou com risco de atraso (Amarelo / Yellow)						
G	Tarefa concluída e validada dentro do prazo (Verde / Green)						
W	Tarefa sendo executada conforme planejado (Branco / White)						
						Prazo análise de causa	
		TOTAL AÇÕES	TOTAL AÇÕES ABERTAS	TOTAL AÇÕES FECHADAS			
		0	#DIV/0!	0			
Plano de Ação Global							
Dia da Reunião	Empresa	Ações	Responsável	Data de Início	Data de Término	STATUS	Observações

Fonte: Autoria Própria

É possível interligar metodologia com vários conceitos desenvolvidos ao longo do curso de Engenharia Mecânica, como o gerenciamento de projetos, análise de dados estatísticos, análises de engenharia quanto à conformidade de materiais e máquinas, fluxograma de processo e demais conceitos de processos de fabricação.

Ao fim dessa atividade obteve-se resultados significativos para reduzir as perdas, mas observei que as anomalias poderiam ser tratadas ainda com mais detalhes e eliminando problemas sistêmicos, que ocorrem com frequência através da aplicação de ferramentas da qualidade combinadas com o ciclo PDCA, o qual irei abordar a seguir. Na tratativa atual o Plano de Ação é definido de uma forma rápida, mas de certa forma baseada em dados estatísticos.

2.2.3 Auxílio na tratativa de não conformidades

Juran e Gryna (1979) definem a não conformidade como qualquer diferença em relação aos padrões de qualidade ou especificações estabelecidos. Os autores ressaltam a importância de identificar a causa raiz desse problema, recomendando o uso de ferramentas de qualidade, como o Diagrama de Ishikawa (também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito) e a Análise de Pareto, para ajudar nesse processo. A abordagem deles destaca que, além de corrigir a não conformidade de forma

imediate, é fundamental implementar ações preventivas para evitar que o problema volte a ocorrer.

O detalhamento das não conformidades por meio de ferramentas da qualidade vai além da simples execução de um plano de ação, pois proporciona uma análise mais profunda das causas do problema, permitindo um planejamento estratégico mais eficaz (Falconi, 2004). Um gerenciamento eficiente das não conformidades depende diretamente de um planejamento bem estruturado, que possibilita a identificação precisa das causas e a definição de ações corretivas adequadas. Dessa forma, é possível não apenas solucionar o problema, mas também evitar sua recorrência. Para otimizar esse processo, o ciclo PDCA (Planejar, Executar, Verificar, Agir) é amplamente utilizado, garantindo um aprimoramento contínuo das ações e a melhoria constante dos processos (Falconi, 2004).

O ciclo PDCA, é uma metodologia amplamente utilizada no gerenciamento da qualidade para promover a melhoria contínua de processos e a resolução sistemática de problemas (Falconi, 1992).

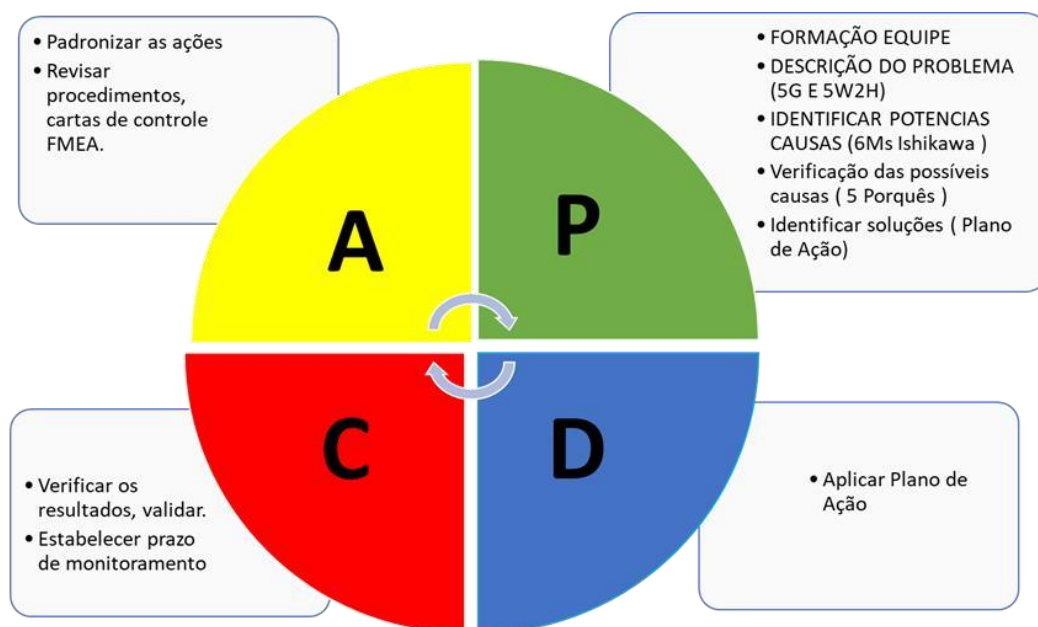
Segundo Falconi (1992), o PDCA é uma ferramenta fundamental para estruturar e organizar a execução de planos de ação, permitindo que as empresas obtenham melhores resultados ao promover a padronização de processos e a prevenção de falhas. O ciclo segue uma sequência lógica de quatro etapas:

- Planejar (*Plan*): Identificar o problema, definir metas e elaborar um plano de ação para solucioná-lo.
- Executar (*Do*): Implementar as ações planejadas, realizando ajustes quando necessário.
- Verificar (*Check*): Monitorar e avaliar os resultados das ações implementadas, comparando-os com as metas estabelecidas.
- Agir (*Act*): Padronizar as melhorias alcançadas ou implementar novas ações corretivas, caso os resultados não tenham sido satisfatórios.

Com base nesse embasamento, o ciclo PDCA é utilizado na empresa para a tratativas de não conformidades encontradas no cliente, sendo a fase *Plan* a mais explorada e planejada. Com base na definição teórica etapas do PDCA são *Plan* (planejar), *Do* (Fazer) , *Check* (Checar) e *Act* (Atuação no processo) (Falconi, 1992).

No contexto da empresa, foram adicionados complementos em cada uma das fases do PDCA, com destaque para a fase de Planejamento (*Plan*), quando se aplicaram ferramentas da qualidade para descrever o problema de forma clara e estruturada, com o apoio de uma equipe qualificada. Esse processo possibilitou a identificação de causas potenciais, a validação dessas causas e, em seguida, a definição de um plano de ação robusto, visando prevenir a recorrência do problema. Esse raciocínio é ilustrado na Figura 11. A seguir, será exemplificado como esse fluxo se aplica na resolução de problemas, com forte ligação ao processo de produção, aliando conhecimentos em engenharia e gestão. As ferramentas utilizadas fornecem o suporte necessário para a solução de problemas e a promoção da melhoria contínua.

Figura 11 Etapas Ciclo PDCA



Fonte Autoria Própria

Para iniciar o ciclo PDCA, a fase *Plan* possui cinco etapas, sendo elas: I) formação da equipe para a solução do problema, II) descrição do problema, III) identificar causas potenciais para encontrar o fenômeno do problema, IV) Verificação das possíveis causas e V) definir um plano de ação.

A primeira fase, deve envolver ao menos um operador de processos e demais responsáveis que conheçam do processo.

Na segunda fase, que engloba a descrição do problema, é importante especificar o problema, ou seja, ver como ele realmente ocorre, para isso é utilizado a ferramenta de 5G. De acordo com (Monden, 1997), o 5G é uma abordagem central na filosofia de gestão enxuta (*Lean*), especialmente no Sistema Toyota de Produção, onde a observação direta no local de trabalho, combinada com a análise de dados reais, promove uma tomada de decisão mais precisa e eficaz.

O Lean refere-se a uma filosofia de gestão e uma metodologia de produção focada na eliminação de desperdícios, otimização de processos e aumento de valor para o cliente, originado no Sistema Toyota de Produção. O Lean visa melhorar a eficiência, reduzir custos e garantir uma boa produção. (Ferreira, 2011).

As cinco palavras que compõem o 5G, em japonês, são: *Genba* (ir ao local real do problema), *Genbutsu* (visualizar e analisar o produto), *Genjitsu* (observar o fato, ocorrência na fonte onde é gerada), *Genri* (princípio básico) e *Gensoku* (regras e padrões). A metodologia incentiva que as decisões sejam tomadas com base em observações diretas no local onde os processos ocorrem (*Genba*), analisando o produto (*Genbutsu*) e os fatos (*Genjitsu*), sempre respeitando os princípios fundamentais (*Genri*) e os padrões estabelecidos (*Gensoku*) para garantir melhorias contínuas e solução eficaz de problemas.

Em seguida, após análise por todo o time no local é realizado a fase três com a aplicação da ferramenta 5W2H, sigla que advém das iniciais das perguntas em inglês que ela utiliza para garantir uma compreensão completa das tarefas e problemas a serem abordados. Essas perguntas são:

- *What?* (O que?): Define o que precisa ser feito.
- *Why?* (Por que?): Explica a razão ou o propósito da tarefa.
- *When?* (Quando?): Estabelece o prazo ou cronograma para a realização.
- *Where?* (Onde?): Identifica o local onde a tarefa será executada.
- *Who?* (Quem?): Designa quem é responsável pela tarefa.
- *How?* (Como?): Descreve o método ou a abordagem para realizar a tarefa.
- *How Much?* (Quanto?): Avalia o custo ou os recursos necessários para completar a tarefa.

O uso do 5W2H permite um planejamento mais eficaz e uma execução mais organizada ao garantir que todos os elementos críticos sejam considerados antes da implementação de um plano. Juran e Gryna (1993).

Com o problema caracterizado na fase três, identifica-se, a seguir, as causas potenciais para encontrar o fenômeno do problema, marcando o início da Fase IV. Neste contexto, realizou-se uma análise das possíveis causas, utilizando o diagrama *Ishikawa* ou 6Ms.

O Diagrama de Ishikawa é uma representação que organiza as possíveis causas de um problema em categorias específicas, permitindo uma análise detalhada e sistemática. O diagrama é frequentemente estruturado como um esqueleto de peixe, com a cabeça representando o problema principal definido no 5W2H, e as espinhas principais representando as categorias de causas, tais como:

- Métodos: Processos e procedimentos utilizados.
- Máquinas: Equipamentos e ferramentas.
- Mão de obra: Qualificações e treinamento dos funcionários.
- Materiais: Qualidade e adequação dos materiais utilizados.

- Medidas: Métodos de medição e controle.
- Meio ambiente: Condições do ambiente de trabalho.

De acordo com Ishikawa (1982), o Diagrama de Ishikawa é uma ferramenta essencial para a gestão da qualidade, pois facilita a visualização das causas de problemas e a identificação das áreas que necessitam de melhorias.

Após o preenchimento do Diagrama de *Ishikawa*, é necessário validar cada ponto listado. Na quinta etapa realizou-se a verificação das possíveis causas para isso é verificado a condição que se encontra o processo comparado com o que se é esperado, como por exemplo uma condição de base específica para uma máquina, um parâmetro ajustado, execução de um procedimento, entre outros. Em seguida o tópico que não for validado é um potencial causa, sendo então aplicado os Cinco Porquês, que consiste em perguntar pelo menos cinco vezes o porquê essa falha ocorreu, para então chegar na causa raiz que leva o surgimento do problema.

O conceito dos Porquês é uma técnica eficaz usada para identificar a causa raiz de um problema. Ela faz parte das metodologias de gestão da qualidade e foi desenvolvida por Taiichi Ohno, engenheiro da Toyota, como parte do Sistema Toyota de Produção (Ohno, 1988).

Por fim, ao chegar na quinta etapa com o problema definido e especificado, é construído um Plano de Ação para tratar a causa raiz.

2.2.4 Estudo de Caso

Com base na teoria do Ciclo PDCA e os conceitos das ferramentas de qualidade, tive a oportunidade de participar de um projeto dentro da indústria, com base em uma não conformidade encontrada internamente, a diretoria solicitou que o caso fosse analisado a fundo para tratar a anomalia na sua causa raiz.

Inicialmente o problema que se apresentou foi um vazamento na solda na região do copo da base de uma ferragem estrutural de amortecedor. Representado na Figura

12.

Figura 12 Vazamento na Solda na Região do Copo da Base.

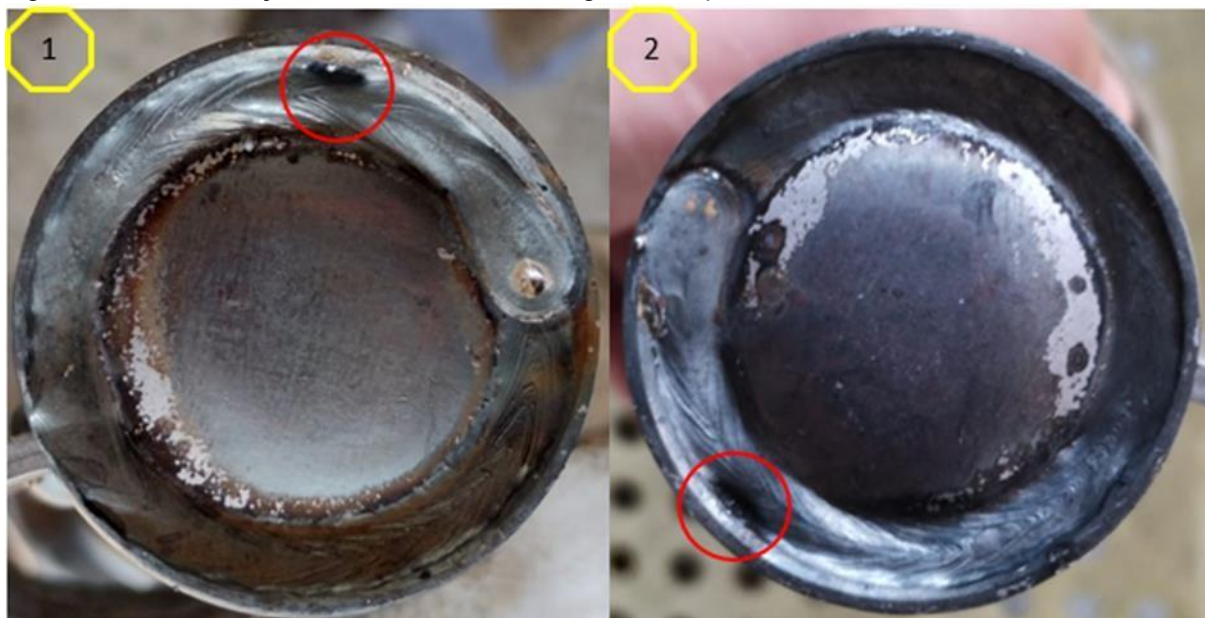


Fonte: Autoria Própria

Tendo os conceitos do Ciclo PDCA já introduzidos, realizou-se a aplicação dele, dando início nas etapas da fase *Plan*. Foi composta uma equipe técnica com os responsáveis e o operador que realiza o processo.

Na segunda etapa realizou-se uma visita até a célula de produção da ferragem em questão aplicando o conceito de 5G. Durante tal atuação foram conferidos todos os procedimentos operacionais para que o processo ocorresse de forma esperada, observou-se como o problema se caracterizava. Foram registradas as imagens, conforme Figura 13, para posteriormente realizar a caracterização do problema, sendo registrada duas peças com falha.

Figura 13 Caracterização da falha de solda na região do copo da base.



Fonte: Autoria Própria

Com as informações coletadas no local do processo por meio da ferramenta 5G, foi possível descrever como o problema ocorre, suas características e identificar as variáveis que mais impactam o resultado. Para que essas informações sejam agrupadas e organizadas utilizou-se o a aplicação da ferramenta 5W2H, da seguinte forma:

- i. O que aconteceu?

Resposta: Vazamento na solda do copo da base da ferragem estrutural.

- ii. Por que isso é um problema?

Resposta: O vazamento impossibilita a funcionalidade do produto, impactando diretamente a eficiência e qualidade do produto.

- iii. Quando o problema foi detectado?

Resposta: O problema foi detectado durante a produção da solda da ferragem;

- iv. Onde o problema foi detectado?

Resposta: Na região do copo da base, especificamente no fim do cordão de solda se caracterizando como uma penetração excessiva, conforme imagem F2, gerando um furo na solda.

v. Quem detectou o problema?

Resposta: O vazamento foi percebido pelo operador de produção.

vi. Como o problema foi detectado?

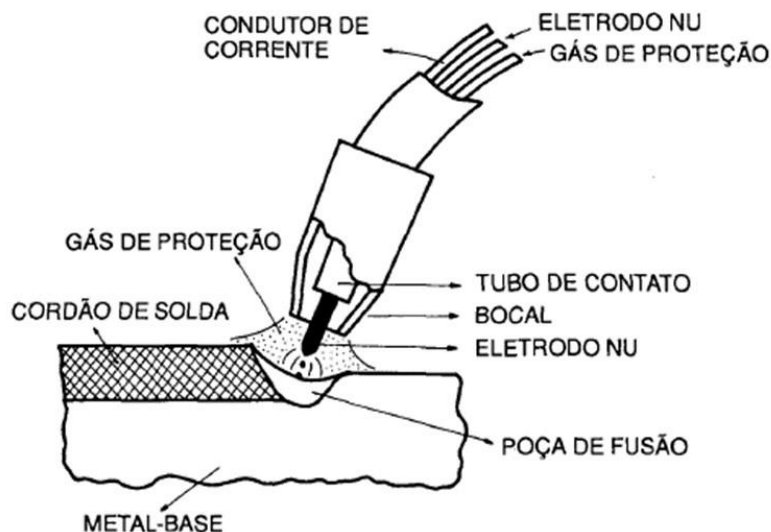
Resposta: O problema foi detectado visualmente pelo operador durante a inspeção visual, sendo comprovado pelo teste em estanqueidade.

Caracterizou-se o problema, onde o fenômeno observado trata-se de uma penetração excessiva no final do cordão de solda, o que resultou na formação de um furo na solda.

O processo de fabricação em específico se trata união de dois componentes, tubo e copo da base. A solda utilizada para esse processo é a solda MIG/MIAG.

De acordo Wainer et all (2004) a solda MIG (*Metal Inert Gas*) e MAG (*Metal Active Gas*) o qual utiliza uma fonte de calor gerada através de um eletrodo consumível e a peça a ser soldada, podendo ser realizada em todas as posições de forma automática, com um eletrodo nu alimentado continuamente, como mostrado na Figura 14.

Figura 14 Processo de soldagem MIG/MAG



Fonte: Wainer (2024).

A solda MIG MAG possui quatro tipos de transferência metálica, sendo: globular, por curto-circuito, por pulverização axial e rotacional, e por arco pulsão. Dando enfoque para a transferência por curto-circuito, esta ocorre com a utilização de eletrodos de 0,8 a 1,2 mm e para qualquer tipo de gás de proteção, sendo que a gota que se forma na ponta do eletrodo nu toca a poça de fusão formando um curto-circuito. Sendo assim caracterizado o método onde a gota é puxada para a poça de fusão através da tensão superficial, ressaltando assim a adequação desse método para a solda em todas as posições (Wainer, 2024).

No caso em questão, a solda é realizada de forma automática por um robô industrial articulado com seis graus de liberdade, garantindo assim a mobilidade necessária para alcançar as peças previamente posicionadas pelo operador em uma matriz estabilizadora. Nesta matriz se posiciona copo e tubo previamente prensados para receber o cordão de solda, garantindo a união das peças e a vedação completa, segue a descrição do processo conforme Figura 15.

Figura 15 Processo de posicionamento da Ferragem Antes da Solda.



Fonte: Autoria Própria

O robô KUKA, por exemplo, é controlado por um controlador específico da KUKA, como o KR C4. Para soldagem, o robô é equipado com uma tocha de soldagem MIG/MAG, onde um arame é alimentado continuamente por um motor até a tocha. Durante a soldagem, um gás de proteção é utilizado para proteger o arco de solda e o material fundido.

Após a solda, a ferragem passa por um teste de estanqueidade. Segundo Almeida (2016), estanqueidade é o procedimento utilizado para verificar se uma peça, equipamento ou sistema não possui vazamentos, aplicando uma pressão interna no tubo que está imerso em um recipiente de água, com a pressão aplicada não pode haver borbulhas na água, a qual indica o vazamento, conforme mostra a Figura 16. Dessa forma é possível garantir a qualidade da solda e funcionalidade do produto, sendo um item detecção de possíveis falhas.

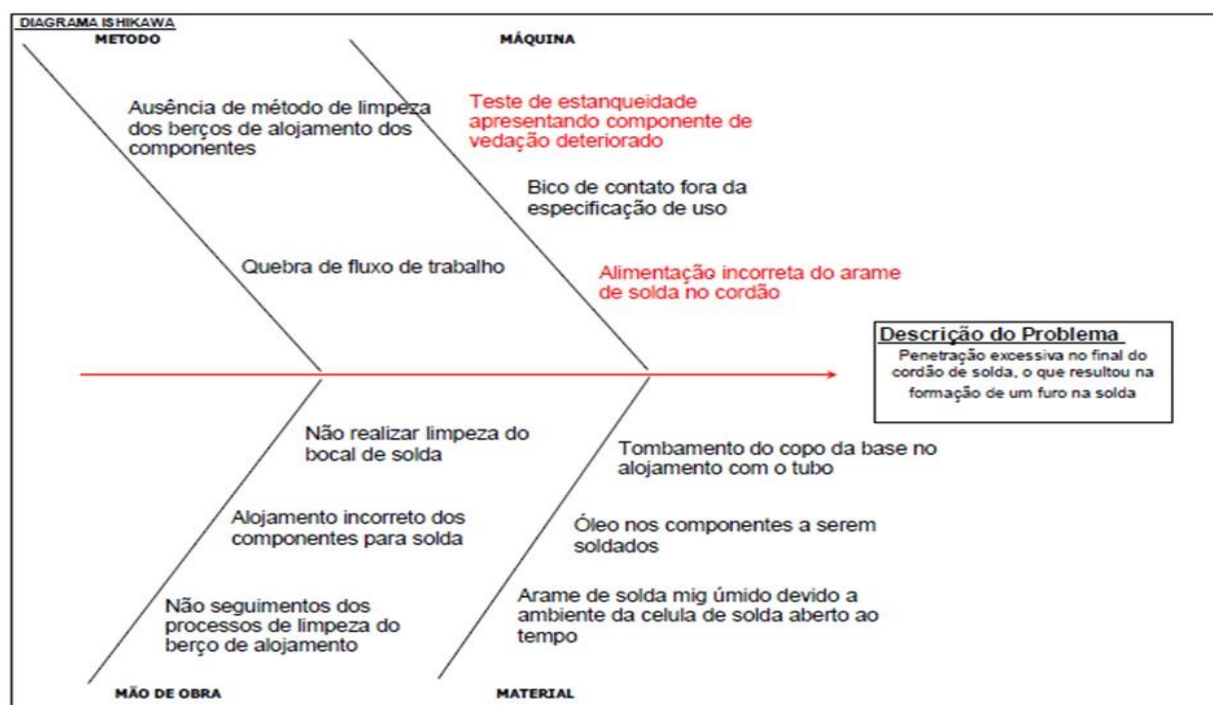
Figura 16 Teste de Estanqueidade Apresentando Bolhas de Vazamento.



Fonte: autoria própria

Tendo o problema caracterizado realizou-se a aplicação do Diagrama de Ishikawa conforme Figura 17, para listar as causas potenciais e em seguida validar cada uma delas com base nos parâmetros estabelecidos.

Figura 17 Diagrama de Ishikawa



Fonte: Autoria Própria

De acordo com Wainer *et al* (2004), a energia utilizada é contínua durante a solda, o que permite uma regulação para manter o comprimento do arco elétrico

constante. Sua regulagem é de grande importância pois o eletrodo nu consumível é alimentado continuamente sendo necessário que a fonte forneça a energia necessária de acordo com a velocidade do arame. Destaca-se também que existem três fatores que podem alterar o valor dessa energia, sendo i) a distância entre o bico de solda e a peça metalbase, ii) a mudança na velocidade da alimentação do eletrodo, e iii) a mudança na fonte de tensão de soldagem na fonte de energia. Há então uma relação direta entre a velocidade de alimentação e a variação da corrente, sendo esta variação responsável por falhas como penetração excessiva, mordeduras, porosidade.

Dessa forma o processo pode ser evidenciado, destacando a distância entre o bico de solda e metal base, e o sistema de alimentação do eletrodo consumível, conforme demonstrado na Figura 18.

Figura 18 Distância Entre o Bico de Solda e Metal Base e Alimentador do Eletrodo.



Fonte: Autoria Própria

Com base no Diagrama as causas potenciais, foram listadas e as que estão na cor preta foram validas no processo, já as em vermelho não foram validas. A causa potencial em questão “Alimentação incorreta do arame de solda”, está diretamente

relacionada com a teoria sustentada por Wainer, onde a alteração na velocidade do arame pode levar a falhas na solda como a que se descreve no problema proposto.

A causa potencial relacionada ao teste de estanqueidade, apresentando borracha de vedação deteriorada, nos leva a uma não detecção do problema, pois o dispositivo não valida se a solda está vedada, conforme destacado na Figura 19. Tais causas potenciais foram trabalhadas e em seguida aplicado a ferramenta dos Cinco Porquês, para chegar à causa raiz do problema.

Figura 19 Teste Estanqueidade e borracha de Vedação.



Fonte: Autoria Própria

- Alimentação incorreta do arame de solda no cordão
 - i. Por quê?
Resposta: Velocidade do arame de solda abaixo do especificado
 - ii. Por quê?
Resposta: Arame com interferência de passagem no interior do guia espiral, conduíte.
 - iii. Por quê?

Resposta: Guia espiral com bloqueio devido impurezas iv.

Por quê?

Resposta: Proteção cobreada do arame solta partículas que ficam retidas no interior do guia espira

v. Porque?

Resposta: Guia espiral é revisado apenas anualmente, não são verificadas na frequência estipulada.

Para o tópico do teste de estanqueidade que se enquadra na não detecção do problema temos o que segue:

- Teste de estanqueidade apresentando borracha de vedação deteriorado i.

Por quê?

Resposta Estanqueidade com perda de pressão pneumática ii.

Por quê?

Resposta: Vedação de poliuretano do tubo com desgaste iii.

Por quê?

Resposta: Vedação de poliuretano tem contato direto com a área usinada do tubo, causando desgaste da mesma.

iv. Por quê?

Resposta: Vedação de poliuretano não é verificada periodicamente

v. Por quê?

Resposta: Item não cadastrado na manutenção preventiva

A partir da aplicação dos Cinco Porquês chega-se as causas raízes do problema. A verificação do guia aspiral é realizada somente anualmente, sendo apontada como a principal causa raiz do problema. O mal funcionamento do guia pode causar lentidão na velocidade do arame nu, alterando assim os parâmetros de solta. A presença de uma alta corrente na ausência de material consumível pode ocasionar penetração excessiva, levando, em alguns casos, à formação de orifícios na peça.

Outro problema grave é avindo da deterioração da borracha de vedação, o que impede a detecção de falhas na solda, como perfurações e vazamentos. Durante o

teste de pressão, o vazamento ocorre pela extremidade sem vedação, o que impede a detecção de falhas pela observação de bolhas no tanque, como ilustrado na figura 16.

Após detectar as causas, realizou-se então a etapa do, elaborou-se o plano de ação para restabelecer as condições de alimentação do arame nu e para restabelecer as condições de vedação durante teste de estanqueidade, conforme plano de ação na Figura 20.

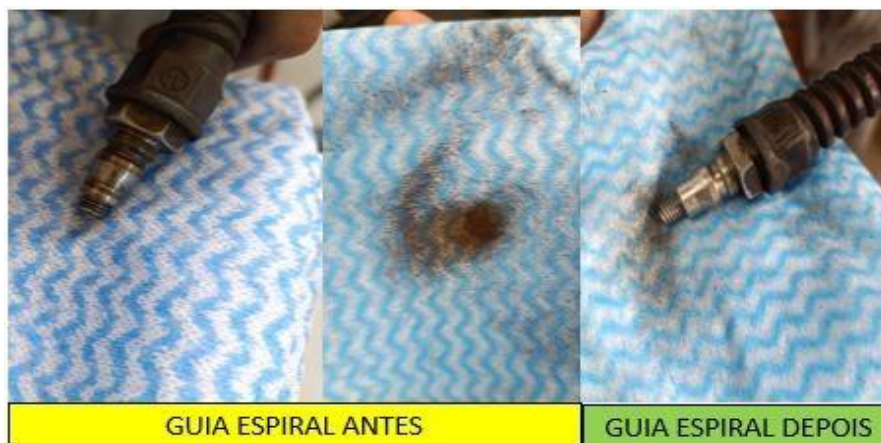
Figura 20 Plano de Ação

Plano de Ação – XXX						
Penetração excessiva no final do cordão de solda do conjunto ferragem, o que resultou na formação de um furo na solda					Empresa Automotiva	
Gestor do Plano / e-mail / telefone:						
Membros do time:						
Código de Cores					Prazo análise de causa	
R	Tarefa atrasada / Fora do prazo (Vermelho / Red)					
Y	Tarefa comprometida ou com risco de atraso (Amarelo / Yellow)					
G	Tarefa concluída e validada dentro do prazo (Verde / Green)					
W	Tarefa sendo executada conforme planejado (Branco / White)					
			TOTAL AÇÕES	AÇÕES ABERTA		
			6	0 0,0%		
Plano de Ação Global						
Dia da Reunião	Empresa	Ações	Responsável	Data de Início	Data de Término	STATUS
31/12/99	-	Realizar limpeza dos bicos de alimentação do arame nu	-			
01/01/00	-	Realizar limpeza dos condutíveis aspirais de alimentação do arame nu, restabelecer condições ideais de velocidade de alimentação do arame.	-			
02/01/00	-	Realizar a troca da vedação da estanqueidade	-			
03/01/00	-	Montar cronograma de manutenção preventiva para verificação dos condutíveis alimentador.	-			
04/01/00	-	Atualização do PFMEA, para modos de falha do processo.	-			
05/01/00	-	Montar cronograma de manutenção para verificação e troca da vedação da estanqueidade	-			

Fonte: Autoria Própria

A seguir as evidências da limpeza do guia espiral Figura 21, limpeza da tubulação do guia espiral, Figura 22. Substituição da borracha de vedação, conforme Figura 23.

Figura 21 Limpeza do Guia Espiral



Fonte: Aatoria Própria

Figura 22 Tubulação Guia Espiral



Fonte: Aatoria Própria

Figura 23 Substituição da Borracha de Vedação.



Fonte: Aatoria Própria

Após a aplicação do Plano de Ação, foi estabelecido um prazo de três meses para validar a eficácia das ações e observar se o problema se repetia. Contudo o estudo foi validado e então solucionado a causa raiz do vazamento de solda no copo da base.

Para a etapa final, *Act*, a qual tem como objetivo de registrar e padronizar todas as melhorias e mudanças implementadas, sendo através da revisão de procedimentos, folha de instrução e a revisão do FMEA - Análise de Modos de Falha e Efeitos, do inglês *Failure Mode and Effects Analysis*.

O FMEA é uma ferramenta usada para identificar falhas potenciais, dividida em FMEA de produto e de processo. O FMEA de produto é desenvolvido nas fases de criação do projeto (informacional, conceitual e detalhado), enquanto o PFMEA (*Process FMEA*) — onde a letra "P" indica que é voltado ao processo o qual é elaborado durante a preparação para a produção. Somente após essas etapas bem definidas que o produto segue para a linha de produção. (Gregório et al, 2018)

Durante a etapa *Act* realizou-se a revisão do PFMEA, para padronização e previsões das falhas, juntamente com a construção de um cronograma de manutenção preventiva. No entanto, estes dados são confidenciais, não podendo ser divulgados.

No estudo de caso sobre o vazamento de solda no copo da base foi possível assimilar diversos conceitos do curso de Engenharia Mecânica. Entre eles, destacam-se os relacionados aos processos de fabricação, como os aplicados na soldagem MIG/MAG, aos parâmetros de solda e a conceitos que influenciam na qualidade final, permitindo uma compreensão mais aprofundada do processo industrial, desde a chegada da matéria-prima até a soldagem de componentes. Além disso, foram assimilados conceitos de robótica, incluindo graus de liberdade, trajetória de robôs e controladores, essenciais para o entendimento e controle dos processos automatizados de soldagem.

As ferramentas da qualidade foram essenciais para identificar e solucionar o problema. Entre elas, o Diagrama de Ishikawa (causa e efeito) se destacou ao ajudar

a mapear as possíveis causas do defeito, como a falha nos parâmetros de soldagem e no estado dos componentes, como a borracha de vedação. Os "Cinco Porquês" foram utilizados para investigar profundamente as causas raiz, permitindo identificar que a verificação anual do guia espiral e a deterioração da borracha contribuíram para o problema. O Ciclo PDCA foi fundamental, para unir todas essas ferramentas a fim de tornar o problema mais claro e ser tratado em sua essência. Essas ferramentas, combinadas com o conhecimento técnico em soldagem MIG/MAG e automação robótica, possibilitaram uma análise eficiente do processo e a resolução do problema, promovendo melhorias e garantindo a qualidade do produto.

2.3 Vivência da aluna Valéria

Desde o início da minha jornada acadêmica, a escolha por Engenharia sempre esteve alinhada com minha curiosidade e paixão por entender como as coisas funcionam. O interesse pelo curso começou ainda na infância, quando desmontar e tentar remontar brinquedos era uma das minhas atividades favoritas. Esse fascínio por descobrir os mecanismos por trás dos objetos do dia a dia foi o primeiro sinal de que a Engenharia era o caminho certo para mim.

Durante o ensino médio, meu interesse pela área se consolidou através das aulas de física e matemática, onde percebi que as teorias e fórmulas tinham aplicações práticas que poderiam resolver problemas reais. Foi então que decidi que queria aplicar esse conhecimento para criar, melhorar e inovar. A Engenharia Mecânica, em particular, chamou minha atenção por sua abrangência e por ser uma área que permite trabalhar com sistemas complexos e tecnológicos, como os que encontrei na indústria automotiva.

Na faculdade, cada disciplina que cursei foi uma oportunidade de expandir meus horizontes e confirmar que estava na área certa. As aulas práticas, os projetos em equipe e as visitas técnicas proporcionaram um aprendizado muito além do teórico, revelando os desafios e a complexidade da engenharia no mundo real.

Essas experiências acadêmicas, aliadas ao contato com profissionais da área e a oportunidade de estagiar em uma indústria automotiva, aprofundaram meu interesse pelo setor de qualidade. Percebi que a busca por excelência, a precisão nos detalhes e a responsabilidade de garantir a segurança e a eficiência dos produtos são aspectos que me motivam. Essa combinação de teoria, prática e paixão pessoal por criar soluções me trouxe até aqui, consolidando minha escolha pela Engenharia Mecânica e meu desejo de atuar no setor automotivo, onde posso contribuir para a inovação e a melhoria contínua.

Ao longo da minha jornada, desenvolvi habilidades técnicas e analíticas robustas, focadas na identificação e resolução de problemas complexos, sempre com o intuito de melhorar continuamente os processos de produção e assegurar a

conformidade com as normas regulamentares. Minha experiência inclui a implementação de metodologias de controle de qualidade, que têm sido fundamentais para a redução de defeitos e a otimização dos processos fabris.

2.3.1 Local das Vivências Profissionais

2.3.2 Qualidade - Setor Automotivo

Trabalhar na área da qualidade dentro da indústria automotiva envolve uma série de atividades que exigem atenção aos detalhes, habilidades analíticas e um profundo conhecimento técnico. O dia a dia é repleto de desafios que vão desde o controle dos processos de fabricação até a resolução de problemas críticos que podem impactar diretamente a satisfação do cliente.

Uma das atividades centrais é a inspeção de materiais e componentes. Diariamente, é necessário garantir que as peças e componentes automotivos produzidos atendam às especificações técnicas e aos padrões de qualidade exigidos. Isso envolve a realização de testes dimensionais, análise de materiais e, em alguns casos, ensaios de mecânicos realizados nos laboratórios de metrologia. Quando ocorre a identificação de não conformidades, deve agir rapidamente, implementando ações corretivas.

Figura 24 Laboratório Metrologia



Fonte: Própria autoria. (2024)

Outro aspecto fundamental é a monitoria dos processos de produção. Acompanhei de perto as linhas de montagem, a qualidade avalia constantemente os processos para identificar oportunidades de melhoria. Isso pode incluir a análise de defeitos, o estudo de variabilidades no processo e a aplicação de ferramentas como o Controle Estatístico de Processo (CEP) para manter os níveis de qualidade dentro dos parâmetros aceitáveis. Nessas atividades, a capacidade de diagnosticar problemas e a tomada de decisões rápidas são essenciais para minimizar desperdícios como refugos e evitar retrabalho (Campos, 1992)

A gestão de reclamações de clientes também é uma vivência comum. Quando um produto chega ao mercado e apresenta falhas, cabe ao profissional de qualidade investigar a causa raiz do problema, utilizando metodologias como a Análise de Causa e Efeito (Diagrama de Ishikawa) ou a técnica dos 5 Porquês (Oakland, 2008).

Figura 25 Exemplo Diagrama de Ishikawa



Fonte: Labone Consultoria (2024).

O processo envolve não apenas a correção do problema, mas também a comunicação eficaz com os clientes e a implementação de melhorias para evitar a recorrência da falha. Além disso, o setor de qualidade desempenha um papel importante na auditoria de processos. Essas auditorias podem ser internas, verificando a conformidade dos processos da própria fábrica, ou externas, auditando fornecedores para garantir que eles atendam aos padrões exigidos. A realização de auditorias requer um olhar crítico e um profundo entendimento das normas da indústria

automotiva, como a IATF (*International Automotive Task Force*) 16949, que regulamenta os sistemas de gestão da qualidade no setor (Lima e Martins, 2011).

O trabalho em equipe é outro aspecto vital da rotina. Colaborar com engenheiros de produção, fornecedores e outros departamentos é essencial para resolver problemas complexos. Reuniões frequentes são realizadas para discutir melhorias de processos, revisar procedimentos e compartilhar as melhores práticas. Nessas interações, a capacidade de comunicação e a liderança são habilidades valiosas para alinhar os objetivos de qualidade com as metas gerais da empresa.

Por fim, a formação e treinamento de equipes é uma vivência que complementa as outras atividades. Capacitar operadores e técnicos em relação às melhores práticas de qualidade e procedimentos operacionais é fundamental para manter a consistência na produção e garantir que todos os envolvidos compreendam a importância do controle de qualidade. Essas capacitações ocorrem em Análises de Necessidade, para avaliar o desempenho atual e identificar áreas onde a capacitação pode melhorar a qualidade e a eficiência, coletar informações de operadores e técnicos sobre desafios e necessidades específicas. Alguns dos métodos adotados pela empresa são:

- Treinamentos Presenciais, que são sessões de treinamento conduzidas por instrutores especializados que podem incluir apresentações, discussões e demonstrações práticas.
- Manuais e Guias: Fornecimento de documentação detalhada e guias que os operadores e técnicos podem consultar conforme necessário.
- Treinamento em Procedimentos Operacionais: Ensinar os operadores sobre os procedimentos específicos de produção para garantir a consistência e a eficiência.
- Controle de Qualidade: Capacitar os técnicos sobre técnicas de controle de qualidade, inspeção e resolução de problemas.

- O Uso de exemplos reais e estudos de caso: São para ilustrar a importância das melhores práticas e os impactos da não conformidade, realizações de simulações de problemas comuns para que os colaboradores aprendam a identificar e resolver questões rapidamente.

Essas experiências refletem a natureza do trabalho de um profissional de qualidade no setor automotivo, onde cada dia traz novos desafios e oportunidades para contribuir para a excelência dos produtos que chegam ao mercado.

“Nós amamos nosso problema, só não convivemos com ele” (Henry Ford, 1922). Essa frase enfatiza a importância de não apenas identificar os problemas, mas também de trabalhar ativamente para superá-los trazendo com eles todo aprendizado.

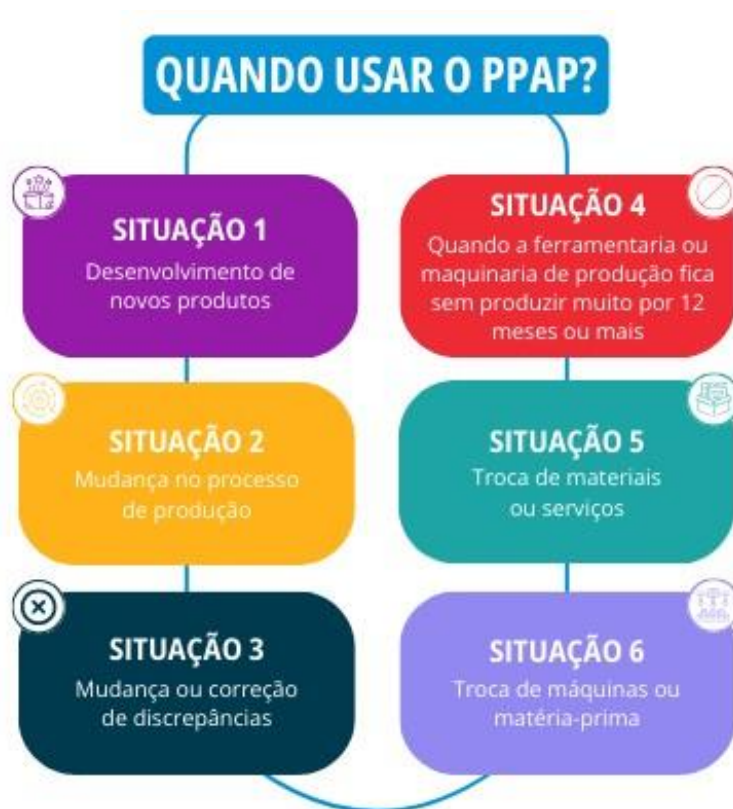
2.3.3 PPAP - Processo de Aprovação de Peça de Produção

O PPAP – Manual de referência para o Processo de Aprovação da Peça de Produção – é utilizado na indústria automobilística para estabelecer um padrão de aprovação de peças entre as empresas Fornecedores e seus Clientes com abordagens para características dos produtos e dos processos de produção. O Cliente especifica as características para o produto desejado (técnicas e *layout*) para que o fornecedor possa efetuar todo o planejamento: processo de fabricação, testes e análise dos dados e aprovação. Desta maneira, o fornecedor pode demonstrar sua capacidade de fornecimento para o produto especificado, com base em todos os testes e seus resultados (Daimle, 2006).

PPAP é um processo utilizado principalmente na indústria automotiva para garantir que os componentes de um fornecedor atendam aos requisitos do cliente antes de serem aprovados para produção em massa. Ele é essencial para garantir a qualidade, consistência e confiabilidade dos produtos fornecidos, minimizando riscos de falhas na linha de produção ou no produto final (Bassan, 2020).

O processo PPAP envolve uma série de documentos e verificações que demonstram que o fornecedor compreende todas as especificações do cliente e tem a capacidade de produzir peças dentro desses requisitos de forma consistente.

Figura 26 PPAP Quando usar



Fonte: Nomus Blog Industrial

Além disso, Rozenfeld *et al.* (2006) explicam que o PPAP tem a função de registrar as evidências de que os processos de fabricação foram validados e conseguem produzir peças que atendem aos padrões de qualidade estabelecidos.

O objetivo principal do PPAP é evitar problemas de qualidade que possam surgir durante a produção, garantindo que o produto final seja conforme as expectativas e normas estabelecidas pelo cliente. É um processo crítico para a gestão de qualidade, fornecendo um histórico de conformidade e confiabilidade, e é utilizado tanto para novos componentes quanto para alterações em produtos ou processos já existentes (Silveira, 2011).

“Qualidade é tudo aquilo que melhora o produto do ponto de vista do cliente.”

“O que não é medido não é gerenciável.” (William Edwards Deming, 1993).

2.3.4 Itens para garantir a qualidade e a conformidade dos produtos com as especificações do cliente.

- A implementação dos 18 itens do PPAP é fundamental para garantir que os fornecedores da indústria automotiva atendam consistentemente aos requisitos de qualidade e às especificações dos clientes. O PPAP garante que todas as mudanças no processo de produção ou no *design* da peça sejam documentadas e aprovadas de maneira adequada, minimizando os riscos de falhas. Os principais motivos para implementar os 18 itens incluem
- Garantia de conformidade, verifica se os produtos estão em conformidade com todas as especificações técnicas e exigência do cliente, garantindo que atendam a critérios como materiais, dimensões e funcionalidades.
- Redução de falhas, com a aplicação, falhas potenciais ou defeitos nos produtos podem ser identificados e resolvidos antes do início da produção em grande escala, garantindo que os produtos atenderem às exigências de qualidade.
- Padronização, garante que os processos de fabricação sejam uniformes em todas as unidades e fornecedores, garantindo consistência na produção e no atendimento às especificações do cliente.
- Melhoria contínua, incentiva a avaliação constante dos processos de produção, promovendo ajustes e otimizações que garantam um aumento contínuo na qualidade e eficiência e conformidade com as normas da indústria (AIAG, 2008).

2.3.5 Níveis do PPAP

Os níveis do PPAP variam conforme o cliente e a complexidade do componente. Esses níveis determinam quais documentos e evidências são necessários para

aprovar uma peça antes de entrar em produção. A seguir, estão os cinco níveis do PPAP:

Nível 1 – Envio somente do Certificado de Submissão de Peça (PSW): Nesse nível, apenas o Certificado de Submissão de Peça é enviado ao cliente. É o nível mais simples e geralmente utilizado para peças que não têm grandes exigências.

Nível 2 – Envio do PSW com amostras e dados limitados de suporte: Além do PSW, são enviadas algumas amostras e dados selecionados, como o relatório dimensional ou outros documentos acordados entre o fornecedor e o cliente.

Nível 3 – Envio completo de amostras e do pacote de documentação: Esse é o nível mais comum. Inclui o PSW, todas as amostras solicitadas, e toda a documentação do PPAP (como plano de controle, FMEA, estudo de capacidade, etc.).

Nível 4 – Envio de documentação específica conforme acordo: Esse nível é flexível e customizado. O envio é negociado entre o fornecedor e o cliente, sendo solicitado apenas uma seleção específica de documentos.

Nível 5 – Envio completo com auditoria no local: É o nível mais rigoroso. Além de enviar todos os documentos e amostras, é realizada uma auditoria no local de produção para validar o processo. Esse nível é comum para peças de segurança crítica ou novos fornecedores.

Cada cliente pode exigir níveis diferentes, dependendo da complexidade da peça e da criticidade da aplicação. A preparação do PPAP correto é crucial para garantir que o fornecedor atenda a todas as expectativas de qualidade do cliente. A escolha do nível do PPAP é de extrema importância, pois influencia diretamente a quantidade e a complexidade da documentação e das amostras que o fornecedor deve preparar e submeter ao cliente. Essa decisão impacta diversos aspectos, como a segurança do produto, a complexidade do processo de fabricação, a confiabilidade do fornecedor, além de questões relacionadas ao custo e ao tempo de aprovação.

Um dos principais fatores a serem considerados na escolha do nível é o risco associado ao projeto e à segurança do produto. Produtos mais complexos ou críticos, como componentes de segurança em veículos, exigem uma validação mais detalhada para garantir que não haja falhas que possam comprometer a segurança. Nesse caso, níveis mais altos do PPAP, como o nível 5, são necessários, pois envolvem auditorias presenciais e uma verificação completa do processo produtivo. Já para produtos de menor risco, um nível inferior pode ser suficiente, otimizando recursos sem comprometer a qualidade. A complexidade do produto também é um fator decisivo.

Peças que envolvem processos de fabricação complexos ou com alta variabilidade, como componentes usinados ou com tolerâncias muito estreitas, geralmente demandam um nível mais elevado de PPAP. Isso garante que todas as variáveis de produção estejam controladas e que o produto final esteja dentro das especificações. Em contrapartida, para produtos mais simples, a escolha de um nível mais baixo pode ser mais apropriada, economizando tempo e recursos, sem comprometer a qualidade. Outro aspecto importante é a experiência e confiabilidade do fornecedor. Quando o fornecedor já possui um histórico comprovado de qualidade e confiança com o cliente, é possível optar por níveis de PPAP mais baixos, como o nível 1 ou 2, que simplificam o processo de aprovação. Por outro lado, se o fornecedor for novo ou tiver um histórico de problemas de qualidade, é recomendável utilizar níveis mais altos para garantir uma análise mais completa do processo de produção e reduzir o risco de falhas.

Além disso, a escolha do nível do PPAP tem impacto direto nos custos e prazos. Níveis mais baixos reduzem os custos do fornecedor, pois exigem menos documentação e verificações. Isso é especialmente importante quando o prazo de lançamento do produto é curto ou o cliente busca acelerar o processo de aprovação. No entanto, para produtos críticos, níveis mais elevados, embora mais caros e demorados, são fundamentais para garantir que o produto esteja 100% dentro das especificações antes de ser liberado para produção, minimizando riscos de falhas futuras. Outro ponto essencial é o impacto na qualidade e confiabilidade do produto. A escolha adequada do nível do PPAP garante que o processo de produção está

devidamente controlado, resultando em peças de qualidade consistente e confiável. Níveis mais altos proporcionam um controle rigoroso das variações do processo, enquanto a escolha de um nível muito baixo para uma peça crítica pode resultar em problemas não detectados na aprovação inicial, o que pode levar a retrabalhos, recalls ou até a perda de confiança do cliente.

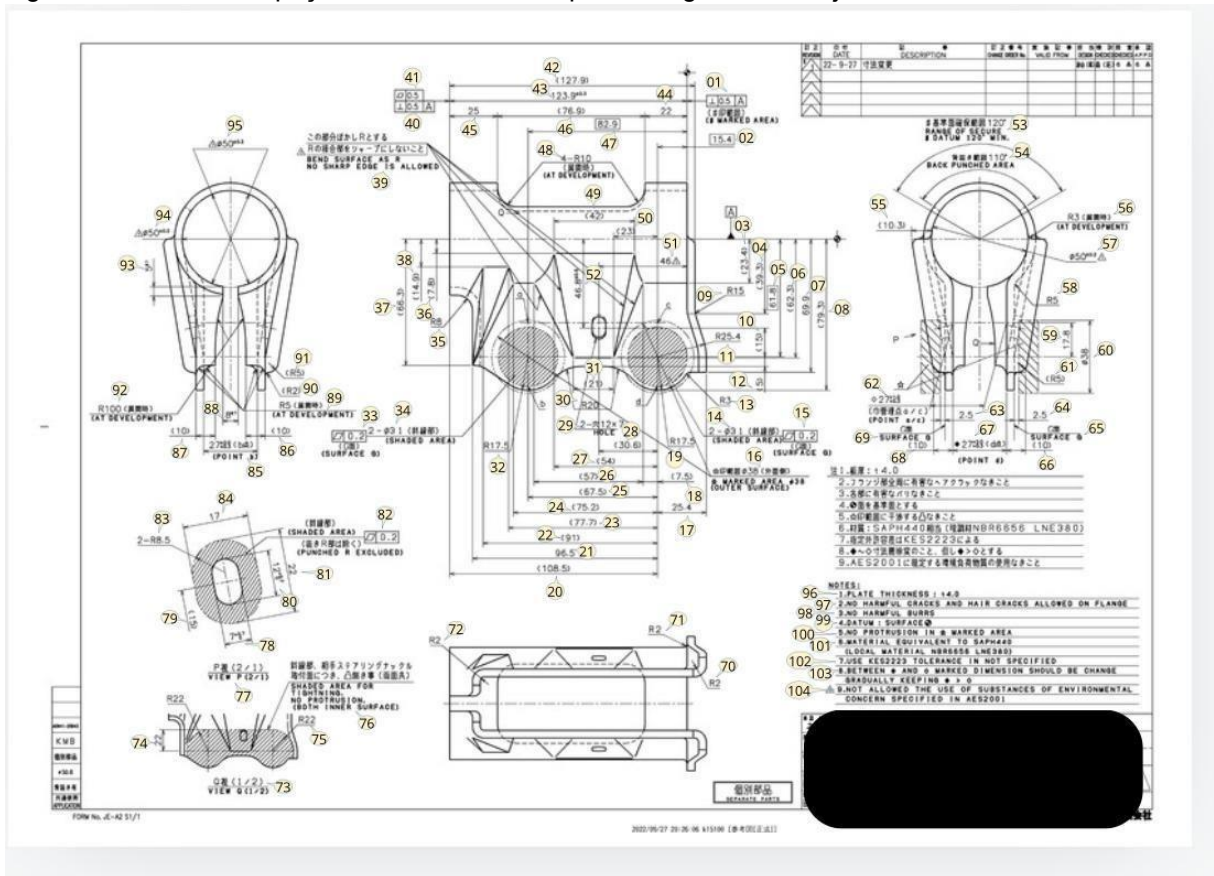
Por fim, em alguns casos, a escolha do nível do PPAP pode estar relacionada ao cumprimento de regulamentações e normas. Dependendo do setor, como o automotivo, existem exigências legais ou normativas que requerem níveis mais elevados de validação para determinados componentes, especialmente aqueles relacionados à segurança. Portanto, a escolha do nível do PPAP deve ser feita com base na complexidade e criticidade do produto, nos riscos associados ao processo de fabricação e na relação de confiança entre o cliente e o fornecedor. O objetivo é equilibrar a necessidade de garantir a qualidade com os recursos e o tempo investidos no processo de aprovação.

2.3.5.1 Itens do PPAP:

A seguir serão citados os 18 requisitos do PPAP, dentre eles alguns detalhados no qual fez parte da rotina das vivencias durante o estágio

1- Registros de Design: Desenhos ou especificações do produto. Os Registros de Design referem-se aos documentos que descrevem detalhadamente as características e especificações do produto, incluindo desenhos técnicos, especificações, e outras informações de design que são fundamentais para a produção e controle de qualidade do componente. Tive a oportunidade de presenciar o projeto do desenho de uma ferramenta nova que está em andamento na organização e logo associei a disciplina de Projeto Mecânico por Computador.

Figura 27 Desenho de peça automotiva – Exemplo de Registro de Projeto




Fonte: Própria autoria (2024).

- Conformidade com Requisitos: Garantem que o produto final esteja conforme o projeto e especificações acordadas.
 - Comunicação Clara: Facilitam a comunicação entre o fornecedor e o cliente sobre os detalhes do produto.
 - Controle de Qualidade: Servem como base para a validação e verificação dos componentes durante o processo de fabricação (Vilseke, 2018).
2. Documentos de Alteração de Engenharia Autorizados. Qualquer mudança no design aprovada pelo cliente. Documenta o projeto original e mostra a descrição detalhada de mudanças no projeto do produto.

3. Aprovação de Engenharia: Aprovação formal do cliente para amostras, geralmente na forma de um protótipo. Onde especificado o Fornecedor deve dispor da aprovação de engenharia para peças de produção. A organização deve dispor de evidências das aprovações de engenharia do cliente conforme aplicável.

Figura 28 Exemplo de fluxo de fabricação de peça automotiva

DIAGRAMA DE FLUXO DO PROCESSO			
Cliente	Nº Peça (Cliente)	Revisão do desenho / Data	Página
			1 / 1
Fornecedor	Nome da Peça	Data Rev.	Rev.
			C
Aprovado por	Data	Código interno Ciclope	Num. Plano
<input type="checkbox"/> Operação	<input checked="" type="checkbox"/> Operação e Inspeção	<input type="checkbox"/> Inspeção	<input type="checkbox"/> Estocagem
<input type="checkbox"/> Transporte	<input type="checkbox"/> Decisão		
Fluxo	Operação	Descrição da operação	Observações
		GRUPO RINVIO COMPLETO – 03-058-327-000- Rev D	
↓	10	PRÉ-MONTAR COMPONENTES: SUPORTO REAZIONE + DISTANZIALE DAMPER + TASSELLO ELÁSTICO	BANCADA DE MONTAGEM OP10
↓	20	PRENSAR COMPONENTE E GRAVAR RASTREABILIDADE: DISTANZIALE DAMPER	PRENSA DE PNEUMÁTICA OP20
↓	30	PRÉ-MONTAR COMPONENTES DO RINVIO: MANCAIS + DISTANZIALE INTERNO + GRAXA + GUARNIZIONES	BANCADA DE MONTAGEM OP30
↓	40	MONTAGEM DE COMPONENTES E TORQUE FINAL: PARAFUSO E PORCA	BANCADA DE MONTAGEM OP40
↓	50	INSPEÇÃO FINAL, TESTEDE CARGA , MONTAGEM DO RONDELLA E EMBALAGEM	BANCADA DE INSPEÇÃO OP50
↓	55	ESTOCAR	LOGÍSTICA
↓	60	EXPEDIR P/ O CLIENTE	LOGÍSTICA
Elaborado por:		Aprovado por:	
Sector:	Froenharla	Sector:	Froenharla
Data:		Data:	
			 Cópia Controlada

4. DFMEA (Análise de Modo e Efeitos de Falha do Design). Análise de falhas potenciais no design, podendo ser elaborado em conjunto pelo fornecedor e cliente. Quando elaborado pelo Cliente, fica a critério do mesmo o compartilhamento da documentação com o Fornecedor. Entretanto, a lista de todas as características críticas ou de maior impacto do produto deve ser informada ao fornecedor.

5. Diagrama de Fluxo de Processo: Mapeamento das etapas do processo de produção. Indica todas as etapas e sequência no processo da fabricação, incluindo novos componentes e as atividades de inspeções e movimentação associadas.

6. PFMEA (Análise de Modo e Efeitos de Falha do Processo): Análise de falhas potenciais no processo de fabricação. Elaborado pelo fornecedor e apresentado ao cliente. O PFMEA segue as etapas do processo de fluxo e relaciona as falhas que podem ocorrer durante a fabricação do componente. É uma metodologia analítica utilizada para garantir que problemas potenciais sejam identificados durante o desenvolvimento do processo. A aplicação dessa metodologia me permitiu utilizar o raciocínio crítico desenvolvido em disciplinas como Engenharia de Materiais e Mecânica dos Sólidos, no identificar possíveis falhas que poderiam comprometer a qualidade das peças e propor melhorias no processo. O conhecimento adquirido nessas áreas técnicas foi fundamental para entender como as falhas mecânicas impactam o desempenho dos componentes automotivos.

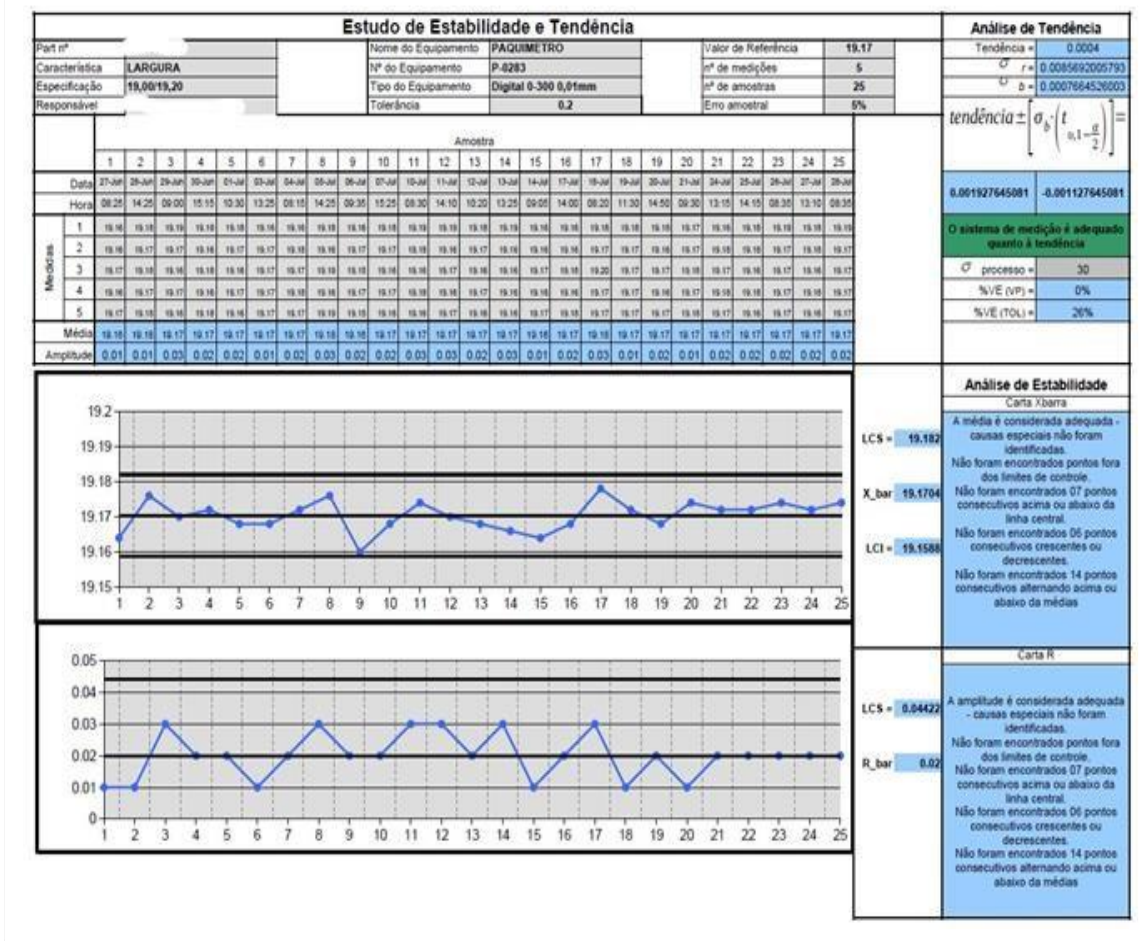
7. Plano de Controle: Plano detalhado que descreve as medições e inspeções necessárias durante a produção. Elaborado pelo fornecedor e com possível aprovação pelo cliente. Segue as etapas de PFMEA e fornece mais detalhes, especificando critérios para avaliação do produto em produção. Constam do plano de controle itens como:

- Classificação da característica. Exemplo: Crítica, especial, secundária etc.
- Método de Medição: Especifica o meio de medição a ser utilizado para avaliação de cada característica. Exemplo: Calibradores e micrômetros.
- Frequência de Medição: Intervalo de medições a serem efetuadas. Exemplo: Uma peça a cada lote produzido.
- Critérios de Aceitação: Tolerâncias dimensionais especificadas.
- Ações Corretivas: Rejeição das peças fora das tolerâncias.

O Plano de Controle traz como benefícios a Redução das variações e defeitos, melhoria na consistência do processo e a facilitação da rastreabilidade e a tomada de decisões. Em resumo, o Plano de Controle é uma ferramenta essencial para garantir a qualidade e a conformidade dos produtos ou serviços durante a produção.

8. Análise do Sistema de Medição (MSA): Avaliação da precisão e consistência dos sistemas de medição utilizados. O sistema de medição é definido como a interação entre a característica/especificação em avaliação, o medidor e o instrumento de medição utilizado. O objetivo do MSA é demonstrar a aptidão das capacidades dos sistemas de medição em avaliar corretamente uma determinada característica ou especificação do produto.

Figura 29 Exemplo de estudo de sistema de medição para peça automotiva



Fonte: Própria Autoria (2024)

9. Resultados Dimensionais: Relatório das medições de amostras de peças. Relatório que mostra para cada característica do produto, a especificação, os resultados da medida e a exibição da avaliação se esta dimensão for “aprovada” ou “reprovada”. A organização deve fornecer evidências que atestem a adequação da dimensão/característica requerida pelo registro de projeto e pelo Plano de Controle.

10. Registros de Testes de Material / Desempenho: Evidências de que os materiais atendem às especificações necessárias. A organização deve dispor de registros de resultados de ensaio de material e/ou desempenho para ensaios especificados no registro de projeto ou Plano de Controle.

Os registros do material/desempenho demonstram, para cada teste individual executado, os resultados encontrados ante as especificações de engenharia. Além disso, esta seção lista todas as certificações de materiais, como através dos certificados de qualidade elaborados e disponibilizados pelo Fornecedor.

11. Estudos de Processo Iniciais: Análises de variabilidade dos processos de produção. Avaliações destinadas a avaliar as capacidades do processo em atender as especificações do produto para características normalmente classificadas como especiais ou críticas para as diversas aplicações. Normalmente as avaliações são efetuadas através da coleta de dados e plotagem em cartas de controle.

Os resultados das avaliações são obtidos através da aplicação de técnicas estatísticas. O objetivo é demonstrar que processos críticos possuem estabilidade. A organização deve realizar a análise dos sistemas de medição para entender como o erro de medição afeta as medições do estudo.

12. Documentação de Laboratório Qualificado: Certificações de laboratórios que realizaram os testes utilizados em eventuais inspeções, ensaios e calibrações atendem a determinados critérios solicitados no Manual do PPAP. Devem ser realizados em laboratórios qualificados como definido pelos requisitos do cliente e o próprio Manual. O laboratório pode ser interno ou externo e a Organização deve ter escopo e documento de laboratório mostrando que o laboratório é qualificado para o tipo de medições ou ensaios conduzidos.

13. Relatório de Aprovação de Aparência (AAR): Aprovação das características visuais do produto, normalmente conforme padrões especificados e assinados pelo cliente, ou determinados pelo próprio Fornecedor. Aplicável para produtos que são aparentes no veículo final após montagem (exemplo para-choque).

14. Peças de Produção Amostrais: Exemplares das peças que serão produzidas em massa. Amostra das peças de produção: Amostras do lote da produção inicial a serem enviados para avaliações iniciais do Cliente. Normalmente obtidas de corridas numericamente representativas no Fornecedor e com meios de produção definitivos.

15. Amostra Mestre: Referência física de uma peça aprovada. Amostra retida no Fornecedor, normalmente retirada das corridas numericamente representativas no Fornecedor, devendo ser aprovada e possuir aprovação do cliente.

Normalmente são utilizadas para referência ao longo das vidas séries dos produtos, podendo também servir para treinar e orientar operadores.

16. Dispositivos de Verificação: Ferramentas utilizadas para inspecionar ou medir o produto. São meios adicionais utilizados para referências ao longo dos desenvolvimentos e produção vidas séries. Exemplos podem ser ferramentas especiais para verificação de peças, dispositivos de controle e até mesmos contra peças, os quais devem ser mantidos adequados/calibrados para uso.

17. Registros de Conformidade com Requisitos Específicos do Cliente: Evidências de que os requisitos específicos do cliente foram atendidos.

Requisitos específicas do Cliente: Cada cliente pode ter exigências específicas, a serem incluídas no pacote de PPAP. É uma boa prática solicitar ao cliente a relação de quais exigências e requisitos a serem incluídos no book do PPAP, por exemplo, padrões de execução para determinadas produções.

18. Garantia de Submissão da Peça (PSW): Documento final que resume e certifica que todos os itens do PPAP foram atendidos.

Certificado de Submissão de Peça (PSW – Part Submission Warranty): Formulário que sumariza o processo completo do PPAP. Este formulário contém entre outros, a razão para a submissão (mudança do projeto, revalidação anual, etc.), o nível de submissão a ser submetido para apreciação do cliente e se o produto avaliado se encontra totalmente conforme com especificações de projeto. Se houver algum desvio, o fornecedor deve informar no mesmo formulário, de acordo com a norma IATF 16949.

Figura 30 Exemplo PSW

2022_PUR_PR_APQP Attachment 12 rev01

APQP - PART SUBMISSION WARRANT

Project:	Critical characteristic mark	Doc. Ref. No.:
Supplier Name:	Supplier Code:	E-mail:
Supplier Plant:	Author:	Tel.:
Part Name:	Control Plan Reference / Version:	
Part No. & Issue Level:	Control Plan Revision Date:	
Design Note No. / DEVO:	Average Weight:	
Drawing No.:	Plant:	
MDS declaration #	First Part Delivery Date:	

Reason for submission	<input type="checkbox"/> Initial Submission	<input type="checkbox"/> Process Change	<input type="checkbox"/> Tooling Change	Details / Other:
	<input type="checkbox"/> Design Change	<input type="checkbox"/> Sub-Supplier Change	<input type="checkbox"/> Tooling Refurbishment/Replacement	
	<input type="checkbox"/> Material Change	<input type="checkbox"/> Location Change	<input type="checkbox"/> Re-submission	

Items attached to this Submission Warrant:

<input type="checkbox"/> Control Plan	<input type="checkbox"/> Engineering Drawings	<input type="checkbox"/> Part Number Details
<input type="checkbox"/> Process Flow Chart	<input type="checkbox"/> Component Supply Chain Chart	<input type="checkbox"/> Logistics and Packaging Data Sheet
<input type="checkbox"/> Inspection Report (including IMDS ID)	<input type="checkbox"/> Gauge Specification / Approval Report	<input type="checkbox"/> Design / Process / Facility Change Request
<input type="checkbox"/> Supplier Test Plan & Report	<input type="checkbox"/> Sub-components PSW or equivalent	<input type="checkbox"/> Full Volume Confirmation Audit Result
<input type="checkbox"/> Process Capability Study Result	<input type="checkbox"/> Parts	<input type="checkbox"/> Capacity Submission Warrant (Renault Only)
<input type="checkbox"/> Appearance Approval Report (Nissan Only)	<input type="checkbox"/> Design Note	<input type="checkbox"/> Other

For each supporting document, indicate the issue level and date on an attached list.

Submission Acceptability	The results meet all drawing and specification requirements: <input checked="" type="radio"/> E <input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Dimensional Requirements OK <input type="checkbox"/> Appearance Requirements OK <input type="checkbox"/> Material Requirements OK <input type="checkbox"/> Functional Requirements OK <input type="checkbox"/> Statistical Process Data OK <input type="checkbox"/> Component Marking OK <input type="checkbox"/> Full Volume Confirmation Audit Result OK	If NO, explanation required: <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>

Declaration

I confirm that the samples covered by this documentation are representative of production parts and have been manufactured to the relevant drawings and specifications with no off-standard operations in the production process. Any deviations from this declaration are as follows:

Name: _____ Position: _____
 Signature: _____ Date: _____

XXXXX APPROVA		
<input type="checkbox"/> Approved	<input type="checkbox"/> Interim Approval	<input type="checkbox"/> Rejected
Name: _____	Name: _____	
Position: _____	Position: _____	
Signature: _____	Signature: _____	
Date: _____	Date: _____	

Note: Approval by XXXXXX shall not relieve the supplier in any way from its responsibilities

XXXXX COMMENT (mandatory in the case of Interim Approval or Rejection):

2.3.6 Resultados Dimensionais

O relatório dimensional é uma parte crítica desse processo, pois é onde as dimensões das peças são verificadas em relação aos desenhos técnicos e tolerâncias, brevemente mencionado no item 9 acima, que aborda os resultados dimensionais, essa função foi a que mais me foi confiada, permitindo-me aprofundar meu conhecimento e habilidades nesta área. O resultado dimensional é um dos elementos essenciais do PPAP. Ele é fundamental para garantir que as peças produzidas atendam às especificações dimensionais exigidas pelo cliente. O relatório dimensional documenta as medições das características críticas de uma peça ou produto. Ele compara essas medições com as especificações fornecidas pelo cliente para verificar se estão dentro dos limites aceitáveis. Alguns pontos importantes sobre o relatório dimensional são:

- **Características do Produto:** Lista todas as características dimensionais que precisam ser medidas.
- **Especificações:** Define os valores esperados para cada característica.
- **Resultados das Medições:** Registra os valores medidos para cada característica.
- **Avaliação:** Indica se cada característica está “aprovada” ou “não aprovada” com base nas especificações.
- **Garantia de Qualidade:** Assegura que as peças produzidas estão dentro das tolerâncias especificadas, garantindo a qualidade do produto final.
- **Conformidade:** Ajuda a demonstrar que o processo de produção está em conformidade com os requisitos do cliente.
- **Rastreabilidade:** Fornece um registro detalhado das medições, o que é útil para auditorias e análises de falhas.

2.3.7 Como Elaborar um Relatório Dimensional

A primeira etapa no processo de controle dimensional é a seleção das características críticas que precisam ser medidas. Essas características são identificadas com base na sua relevância para o desempenho e a segurança da peça ou do produto. Após essa definição, segue-se a fase de medição, onde são utilizados instrumentos de alta precisão para coletar dados com exatidão, garantindo que as medições reflitam fielmente as condições reais da peça. Em seguida, ocorre a documentação, na qual os resultados obtidos são registrados em um relatório específico. Nessa etapa, os dados são comparados com as especificações estabelecidas para verificar a conformidade das medidas.

Finalmente, na fase de avaliação, é verificado se as características medidas estão dentro das tolerâncias aceitáveis. A partir dessa análise, a peça pode ser aprovada ou reprovada, e o resultado é devidamente documentado.

Figura 31 Exemplo de relatório dimensional em amostra de peça automotiva

RELATÓRIO DIMENSIONAL DE AMOSTRAS						R.D.A. Nº	Folha			
						0998-23	1 1			
Cliente :	Fornecedor :		Data da Inspeção : 26/09/2024							
Número da Peça :	Número do Desenho :		Revisão: 01							
Nome da Peça :	Projeto :		Rastreabilidade:							
Solicitante / Setor :	Engenharia :		Quantidade Examinada : 5							
Motivo de Análise: <input type="checkbox"/> Submissão Inicial de POPUP <input type="checkbox"/> Alterações de Engenharia <input type="checkbox"/> Inspeção Lay-Out <input checked="" type="checkbox"/> Outros - Especificação Projeto Condição Cross <input type="checkbox"/> Mudança de Material ou Opção <input type="checkbox"/> Mudança de Fornecedor <input type="checkbox"/> Mudança no Processo de Peça										
Item	Especificado	Característica	Método	Resultados amostras Cíclope					OK	NOK
				1	2	3	4	5		
1	Concentricidade 0,4		T dimensional	0,26	0,25	0,41	0,12	0,33		X
2	Resistência a torção da soldagem por projeção 39 Nm mínimo		Torquímetros	60 Nm	60 Nm	60 Nm	60 Nm	60 Nm	X	
3	Força de tração 981N mínimo		Máquina de tração	8777,09 N	7011,87 N	7060,90 N	8924,19 N	7771,89 N	X	
4	Dimensão 20,5 ± 0,3 mm		T dimensional	20,52	20,50	20,52	20,52	20,53	X	
5	Dimensão MS ± 1,25 mm			OK	OK	OK	OK	OK	X	
6	Esta mostra o lado direito / O lado esquerdo é simétrico			OK	OK	OK	OK	OK	X	
7	Após soldagem: Calibre da rosca de 8x1,25 para rosquear suavemente no lado do suporte			OK	OK	OK	OK	OK	X	
8	Não autorizado o uso de substâncias com preocupações ambientais especificadas			OK	OK	OK	OK	OK	X	
9	Dimensão (17,9) ± 0,5 mm		T dimensional	17,95	17,91	17,94	17,97	17,96	X	
10	Dimensão (43,5) ± 0,5 mm		T dimensional	43,61	43,53	43,61	43,67	43,63	X	
11	Ø 58,5 ± 1,0 mm		T dimensional	58,55	58,55	58,55	58,55	58,55	X	
Metrologista:						Distribuição de Cópia:				
						Solicitante:				

Fonte: Própria autoria. (2024)

Cada componente tem sua especificação de acordo com a função que ela será remetida. Primeiramente, como visto na disciplina de Desenho técnico Mecânico,

temos as vistas e as cotas do desenho da peça padrão geralmente fornecido pela engenharia do cliente, logo após boleamos o desenho. Para “bolear” (termo utilizado dentro da organização) um desenho técnico mecânico da maneira correta, é fundamental seguir um processo bem estruturado para garantir precisão, funcionalidade e atender às normas de engenharia.

O "boleamento" em desenhos técnicos refere-se em numerar todas as cotas das peças, para melhorar o comportamento mecânico, facilitar a fabricação e leitura do relatório.

As cotas são elementos fundamentais em um desenho técnico, utilizados para comunicar todas as dimensões e características necessárias para a fabricação, montagem e seleção de uma peça ou conjunto mecânico. Elas garantem que o projetista e o fabricante compartilhem a mesma compreensão sobre o que precisa ser produzido, minimizando erros e incertezas. Através dessas especificações que a organização irá dimensionar a amostra, que acontece no laboratório de metrologia, que também foi familiar pelo aprendizado na disciplina de Metrologia.

O ato de fabricar primeira peça como amostra, é um passo crucial em projetos de engenharia e fabricação. Ela serve como uma validação tanto do produto quanto do processo de fabricação. Fortalecer as empresas nacionais, aumentando a sua produtividade por meio da adoção de mecanismos destinados à melhoria da qualidade de produtos e serviços. (Lira,2015).

A metodologia de medição no processo PPAP, especificamente para o relatório dimensional, é uma etapa crítica para garantir que as peças atendam às especificações técnicas e que os métodos utilizados sejam precisos e confiáveis. principais equipamentos de medição utilizados e a importância da calibração para garantir a qualidade no processo.

Nos tópicos a seguir serão citados alguns equipamentos utilizados em minhas vivencias no laboratório de metrologia.

2.3.8 Equipamentos Utilizados para Medição

- Tridimensional - CMM (Máquina de Medição por Coordenadas)

A CMM é amplamente utilizada para medições tridimensionais complexas. Ela funciona por meio de uma sonda que toca a peça em diferentes pontos, registrando coordenadas espaciais que são comparadas com os dados CAD (Computer-Aided Design) da peça. Usada para peças que possuem dimensões complexas, onde a medição precisa ser feita em vários eixos (X, Y, Z). Ideal para medições que exigem alta precisão em tolerâncias geométricas, como planicidade, perpendicularidade e cilindricidade. Alta precisão, pode medir múltiplas características simultaneamente e gerar relatórios automáticos. Esse equipamento se trata de um robô cartesiano conforme visto na disciplina de robótica.

Exemplo: Uma CMM pode medir a perpendicularidade de um furo em uma peça complexa de um motor.

- Paquímetro:

O paquímetro é um dos instrumentos mais comuns de medição, usado para medir dimensões lineares externas e internas, como diâmetros, comprimentos e profundidades. Utilizado para medições relativamente simples, como diâmetros de eixos, espessuras e profundidades. Disponível em versões analógicas e digitais. Fácil de usar, rápido e versátil para várias medições dimensionais. A versão digital oferece maior praticidade e menor chance de erro de leitura, foi a versão utilizada por mim durante o estágio.

Exemplo: Medir o diâmetro externo de um eixo ou a profundidade de um rebaixo em uma peça.

- Micrômetro:

O micrômetro é um instrumento de medição de alta precisão utilizado principalmente para medir dimensões muito pequenas com precisão de até 0,001 mm. Ideal para medir espessuras, diâmetros externos e internos de peças que exigem

precisão muito alta, como componentes de precisão em motores. Oferece maior precisão em medições lineares quando comparado ao paquímetro.

Exemplo: Medir a espessura de uma parede fina de uma peça ou o diâmetro externo de um pequeno componente cilíndrico.

- Durômetro:

O durômetro é utilizado para medir a dureza de materiais, especialmente metais, plásticos e borrachas. A dureza de um material indica sua resistência à deformação permanente, e o durômetro é crucial para garantir que a peça tenha as propriedades mecânicas adequadas para resistir ao desgaste ou deformação. Medição da dureza de materiais: O durômetro pode medir diferentes escalas de dureza, como Rockwell, Brinell, Vickers (para metais) ou Shore (para plásticos e borrachas). O durômetro pressiona um indentador (geralmente uma esfera ou cone de diamante) contra a superfície do material com uma carga específica. A profundidade ou tamanho da impressão deixada pela indentação é então usada para calcular a dureza. Fornece uma medida direta da resistência do material à penetração.

Exemplo: Verificar a dureza de um componente de engrenagem para garantir que ele terá resistência ao desgaste durante o uso prolongado.

Assimilando esse teste à disciplina de Engenharia de Materiais, o Teste de dureza com o durômetro é uma ferramenta fundamental para entender e otimizar as propriedades mecânicas dos materiais. A dureza está relacionada a outras propriedades importantes, como a resistência à tração, à deformação e ao desgaste, tornando o durômetro uma peça-chave no desenvolvimento, controle de qualidade e aplicação de materiais em uma ampla gama de indústrias. A correta utilização desse teste permite garantir que o material escolhido será adequado para a função desejada e terá o desempenho esperado durante seu ciclo de vida. equipamento de tração e compressão é um dispositivo utilizado para testar as propriedades mecânicas dos materiais

- Máquina de Tração e Compressão:

A máquina que realiza os testes de tração e compressão é utilizada para testar a resistência dos materiais à tração (força que traciona o material até ele se romper) e à compressão (força que comprime o material). Além disso, a máquina pode ser usada para outros ensaios mecânicos, como flexão e cisalhamento (Callister Junior, 2008).

Teste de Tração: Avaliar a resistência à tração de um material, determinando características como limite de escoamento, resistência à tração e alongamento. Usado para medir a resistência de metais, polímeros, fibras e outros materiais.

Teste de Compressão: Avaliar a resistência à compressão, onde o material é pressionado até falhar ou deformar. É comumente utilizado para testar soldas e a resistência das peças e componentes. Nos testes realizados me deparei com o gráfico de limite de escoamento demonstrando as perdas de cargas, no qual o material fica frágil e se deforma relacionada a disciplina de Mecânica dos Sólidos.

Exemplo na Indústria Automotiva: Testar a resistência de peças metálicas e plásticas usadas em veículos para garantir que possam suportar forças aplicadas durante seu uso sem falhar.

- **Rugosímetro:**

É um instrumento utilizado para medir a rugosidade superficial de uma peça. A rugosidade é uma característica importante em superfícies que entram em contato com outras peças ou em áreas onde o acabamento superficial afeta o desempenho da peça, como em peças automotivas, aeronáuticas, ou em componentes de precisão. **Medição da rugosidade superficial:** O rugosímetro mede pequenas variações na superfície, conhecidas como asperezas ou rugosidades. É usado em peças onde o acabamento superficial é crítico para a função, como cilindros, eixos e superfícies deslizantes. Um pequeno apalpador percorre a superfície da peça, capturando os desníveis e variações da superfície. Esses dados são então convertidos em parâmetros de rugosidade, como o Ra (rugosidade média aritmética), Rz (altura máxima do perfil), entre outros, mede com precisão as imperfeições superficiais. Indicado para superfícies sensíveis ou onde o

acabamento é essencial para o desempenho, atrelado à disciplina de Fenômenos de Transporte (Braga Filho, 2012).

Exemplo: Inspeccionar a superfície de um tubo de pressão de um amortecedor automotivo para garantir que a rugosidade esteja dentro das especificações, assegurando uma menor fricção e desgaste entre as partes móveis.

A rugosidade desempenha um papel importante no estudo de Fenômenos de Transporte, que envolve o estudo de mecânica dos fluidos, transferência de calor e transferência de massa. A rugosidade de uma superfície afeta diretamente a maneira como os fluidos interagem com essa superfície, influenciando fenômenos como o escoamento, a resistência ao movimento do fluido, a dissipação de energia, e até mesmo a eficiência em processos de troca térmica, como visto em Transmissão de Calor.

Figura 32 Equipamentos de Medições



Fonte: Própria Autoria (2024)

Há uma ampla variedade de equipamentos de medição disponíveis, mas mencionei apenas aqueles com os quais tive experiência prática.

A escolha de cada instrumento depende das especificações e requisitos das características a serem medidas (João Neto, 2018).

Destaca-se aqui a importância da calibração dos equipamentos de dimensionamento. A calibração dos instrumentos de medição é fundamental para garantir a confiabilidade e a precisão das medições. Com o tempo e o uso, os instrumentos podem perder sua precisão, e a calibração regular é necessária para garantir que eles forneçam leituras corretas. A calibração envolve comparar os resultados de um instrumento de medição com padrões de referência conhecidos e ajustar, se necessário, para garantir conformidade.

Ao aprofundar a análise do PPAP, o item 9, que trata do Relatório Dimensional, destacou-se pela sua relevância no controle de qualidade e na garantia de conformidade das peças fabricadas, sendo uma etapa que vivenciei diretamente. Esse item assegura que todas as dimensões críticas são corretamente medidas e estão dentro das especificações, validando a precisão do processo de produção. Em minha experiência, a correta execução do Relatório Dimensional foi essencial para evitar falhas futuras, garantindo a segurança e o desempenho do produto final. Além disso, pude observar como esse Relatório atua como um elo de confiança entre fornecedores e clientes, reforçando a credibilidade na cadeia de fornecimento.

Portanto, o PPAP, e em especial o controle dimensional, se mostrou uma ferramenta indispensável para garantir a conformidade com os requisitos de engenharia e as expectativas do cliente. A partir das minhas vivências, concluo que a implementação rigorosa desse processo não só melhora a qualidade dos produtos, mas também fortalece a competitividade das empresas, ao garantir eficiência, confiabilidade e excelência no processo produtivo (Souza, 2018).

3 AUTO AVALIAÇÃO

3.1 Autoavaliação da aluna Cinthia Estefani de Sousa

A realização do estágio na empresa metalúrgica onde estagiei me proporcionou uma experiência prática significativa e enriquecedora, permitindo a aplicação de conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do curso. Nesta autoavaliação, abordarei as principais atividades realizadas, desenvolvimento profissional e pessoal, e também a perspectiva de formação continuada.

3.1.1 Desenvolvimento profissional

Esse período foi crucial para o desenvolvimento de habilidades técnicas e interpessoais. No âmbito técnico, adquiri conhecimentos sobre a aplicação de tratamentos de superfície e a importância da galvanização na prevenção da corrosão, assim como visto durante o curso em teoria.

Em termos de habilidades interpessoais, a experiência de trabalhar em equipe foi fundamental. Aprendi a importância da comunicação eficaz e do trabalho colaborativo, essenciais para o sucesso de qualquer projeto. Além disso, desenvolvi competências em gestão de tempo, ao lidar com prazos e prioridades na rotina de produção.

3.1.2 Desenvolvimento pessoal

Minha contribuição para a equipe foi pautada pela proatividade e pelo desejo de aprender. Sugestões de melhorias em processos foram bem recebidas, o que demonstrou que, mesmo como estagiária, é possível impactar positivamente o ambiente de trabalho. A interação com profissionais experientes ampliou minha visão sobre a indústria metalúrgica e suas demandas.

Entre os principais aprendizados, posso destacar a importância da segurança no trabalho e da responsabilidade ambiental. Compreendi como as práticas

sustentáveis são essenciais na operação metalúrgica e o papel do profissional em promover tais práticas.

3.1.3 Perspectiva de formação continuada

A minha experiência de estágio em uma empresa do setor logístico, me possibilitou a construção de uma rede de contatos profissionais, essencial para o desenvolvimento da carreira. Pude perceber que o aprendizado durante o estágio não se limita ao período de experiência, pois as lições e desafios enfrentados me estimularam a busca contínua por conhecimento, seja por meio de cursos, seminários ou certificações, que complementem a formação acadêmica.

3.2 Autoavaliação aluno Gabriel Antônio Avelar

3.2.1 Desenvolvimento profissional

Em um contexto geral, considero a vivência de estágio de extrema importância, pois pude desenvolver habilidades pessoais de comunicação, a saber ouvir e aprender e ainda integrar os conhecimentos teóricos do curso de Engenharia Mecânica. A vivência na área automotiva tem seus desafios diários, pela alta demanda, prazos e cobranças, mas é realmente uma aplicação completa da engenharia. Na empresa em questão pude ver processos de fabricação como estamparia, relacionar os vários níveis de deformação de material, limite de escoamento, a compreender uma estampagem profunda e visualizar processos de usinagem desde tornos, usinadoras a máquinas CNC de alta precisão e em mais detalhes o processo de soldagem MIG/MAG o qual demonstrei nesse portfólio.

Mesmo não estando diretamente em todos os processos a indústria se integra muito, e por participar das reuniões diárias com times multidisciplinares me permitiu uma oportunidade de visualizar a fábrica como um todo, podendo correlacionar áreas e o trabalho em conjunto para chegar a um objetivo final.

3.2.2 Desenvolvimento pessoal

Como desenvolvimento pessoal, tive a oportunidade de aprimorar minhas habilidades de relacionamento interpessoal, interagindo com pessoas de diversos

níveis hierárquicos e trabalhando sempre com empatia e compreensão em busca de resultados. Também desenvolvi minhas habilidades de comunicação, tanto oral quanto escrita, ao participar de apresentações em reuniões e ao redigir e-mails formais. Considero essa experiência transformadora, pois promoveu o meu crescimento pessoal aliado ao desenvolvimento técnico, mostrando que ambos caminham juntos para que possamos desempenhar nosso trabalho com excelência e, ao mesmo tempo, evoluir como profissionais e indivíduos.

3.2.3 Perspectiva de formação continuada

Após vivenciar essa experiência, me despertou um grande interesse na área de resolução de problemas através de ferramentas da qualidade, onde posso alinhar conhecimentos de engenharia e gestão. Tenho como objetivo aprofundar os estudos na área de Gestão da Qualidade e Processos.

3.3 Autoavaliação aluna Valéria

3.3.1 Desenvolvimento profissional

No nível pessoal, aprendi a gerenciar prazos e prioridades em um ambiente de alta pressão, comum na indústria automotiva, o que foi crucial para aprimorar minha organização e eficiência. A responsabilidade de garantir que os Relatórios enviados aos clientes estivessem em conformidade com as normas de qualidade me fez compreender a importância do trabalho meticuloso e da consistência nos processos.

3.3.2 Desenvolvimento pessoal

Durante o estágio tive a oportunidade de aplicar e aprofundar muitos dos conceitos estudados ao longo do curso de Engenharia Mecânica, especialmente nas disciplinas de Metrologia, Processo de Fabricação, Organização Industrial e Gestão de Projetos. Essas áreas foram fundamentais para que eu pudesse desempenhar minhas funções e contribuir efetivamente para a equipe.

Uma das principais atividades que desempenhei foi a elaboração de Relatórios Dimensionais no contexto do PPAP, um processo que garante que as peças produzidas atendam às especificações do cliente antes da produção em massa. Esse

trabalho diretamente relacionou-se com os conhecimentos de Metrologia e, onde o uso de instrumentos de medição precisos, foi essencial para garantir a conformidade das peças. Além disso, os fundamentos de tolerâncias geométricas e dimensionais, estudados em sala de aula, foram amplamente utilizados na análise de peças automotivas.

A colaboração com fornecedores, especialmente na análise de peças não conformes, foi uma experiência em que pude exercitar os conceitos aprendidos em Gestão de Projetos. Ao lidar com problemas reais de fabricação e buscar soluções rápidas e eficazes, a aplicação do Controle Estatístico de Processos (CEP), aprendido na disciplina de Estatística Aplicada às Máquinas, foi essencial para monitorar e melhorar a variabilidade dos processos, garantindo que as peças produzidas estivessem dentro das especificações desejadas.

Finalmente, essa experiência também contribuiu para meu desenvolvimento pessoal, aprimorando minha capacidade de Gestão de Pessoas, trabalho em equipe e comunicação técnica com outros departamentos, como engenharia de produção e logística. O estágio foi uma ponte prática entre a teoria adquirida no curso e sua aplicação no dia a dia de uma indústria automotiva, consolidando meu entendimento sobre como a engenharia mecânica é fundamental para garantir a qualidade e a eficiência em ambientes de produção industrial. Durante o estágio, tive a oportunidade de acompanhar de perto o processo de estampagem de peças automotivas, que se conecta diretamente com os conteúdos estudados na disciplina de Processo de Fabricação.

Nas aulas de Processos de Fabricação, aprendi sobre os métodos de conformação de metais, com destaque para a estampagem, que envolve a deformação de chapas metálicas por meio de prensas. No estágio, pude observar a aplicação prática desses conceitos, entendendo como a teoria da deformação plástica e o comportamento dos materiais são fundamentais para a produção de peças automotivas com precisão dimensional e resistência. Além disso, percebi como os parâmetros de processo, como a pressão da prensa, a escolha das ferramentas e a qualidade da chapa, influenciam diretamente a qualidade final das peças. Esse

entendimento foi enriquecido pelas aulas de Fundamentos de Sistema Hidráulicos, onde aprendi sobre os sistemas que controlam a força e a precisão das prensas hidráulicas usadas na estampagem. No estágio, vi na prática como o ajuste adequado da pressão hidráulica é crucial para garantir uma conformação precisa da chapa metálica, evitando defeitos como deformações excessivas ou incompletas.

O conhecimento teórico sobre fluxo de fluido, pressões e válvulas de controle me ajudou a compreender como as prensas operam e como ajustes nesses sistemas podem melhorar a eficiência e a qualidade do processo de estampagem. Essa integração entre teoria e prática reforçou a importância de monitorar e ajustar os sistemas hidráulicos para garantir que as peças atendam às especificações rigorosas. Sem deixar de mencionar também o aprendizado de Laboratório em Processos Mecânicos, como projetar, construir e manter máquinas e ferramentas; a atuar em usinagem, conformação, soldagem, montagem e demais processos mecânicos, bem como em gestão, desenvolvimento e melhoria de produtos.

Outra parte importante do processo de fabricação que acompanhei foi o tratamento térmico das peças estampadas, um passo essencial para garantir a resistência mecânica e a durabilidade das peças. Nessa etapa, o conhecimento adquirido na disciplina de Fundamentos Termodinâmicos foi extremamente útil, já que compreendi melhor os princípios por trás da aplicação de calor e os efeitos das diferentes temperaturas e tempos de aquecimento e resfriamento sobre a estrutura dos metais. A transformação das propriedades dos materiais, como aumento de dureza e resistência, observada nos tratamentos térmicos, reforçou a importância da ligação entre teoria e prática.

3.3.3 Perspectiva de formação continuada

Durante meu estágio, compreendi profundamente a relevância da formação continuada, especialmente no contexto do trabalho no laboratório dimensional. Atuando diretamente com relatórios dimensionais, percebi que a precisão e a confiabilidade das medições realizadas ali têm um impacto direto na segurança e na durabilidade dos produtos finais que a empresa entrega ao mercado. Essa vivência

evidenciou a necessidade constante de atualização técnica e de adaptação às inovações que surgem tanto em instrumentos de medição quanto em normas e padrões de qualidade. Ao lidar com instrumentos de alta precisão, ficou claro para mim que o domínio dos equipamentos é essencial. Durante o estágio, o treinamento no uso desses dispositivos mostrou-se valioso, mas percebi que a formação continuada é o que possibilita aprimorar essa habilidade ao longo do tempo. Manter-se atualizado sobre os métodos de medição mais avançados e as melhores práticas do setor é um diferencial que amplia a capacidade de realizar medições rigorosas e garantir que as peças produzidas estejam em conformidade com as especificações. A formação continuada, nesse sentido, também é importante para fortalecer minha capacidade de comunicar resultados de forma objetiva, facilitando o trabalho em equipe e a tomada de decisões. Outro ponto essencial que o estágio me trouxe foi a relevância da formação em análise de causa raiz e solução de problemas. Ao identificar desvios dimensionais, aprendi que o setor de qualidade precisa ir além da identificação de erros e atuar na prevenção de reincidências. Para isso, é necessário entender e aplicar metodologias como o ciclo PDCA e ferramentas como o diagrama de Ishikawa e os “5 Porquês.” Cursos e treinamentos nessas metodologias, que fazem parte da formação continuada, são essenciais para o profissional de qualidade atuar com proatividade, identificando e corrigindo falhas antes que elas afetem a produção em larga escala. Assim, a formação continuada não é apenas uma escolha, mas um passo estratégico para meu crescimento no setor de qualidade. Ela me permite desenvolver habilidades técnicas avançadas, manter-me atualizado com as melhores práticas e aprimorar minhas capacidades de análise e comunicação. Este compromisso com o aprendizado contínuo fortalece minha atuação como profissional e potencializa minha capacidade de contribuir para o sucesso e a excelência da indústria automotiva.

Assim, o estágio foi uma ponte prática entre o aprendizado teórico e a aplicação real em um ambiente industrial, consolidando minha compreensão sobre como a engenharia mecânica é essencial para garantir a eficiência e a qualidade na produção de peças automotivas. Essa vivência fortaleceu não apenas minhas habilidades técnicas, mas também meu entendimento sobre a interdependência dos processos produtivos na garantia de um produto final de alta qualidade.

Contribuições técnicas e práticas

Fui responsável por apoiar a equipe na elaboração de relatórios dimensionais, verificando se os produtos atendiam às especificações técnicas estabelecidas, algo essencial no processo de aprovação de peças automotivas. Esta experiência me proporcionou uma visão aprofundada de como o controle de qualidade influencia diretamente a confiabilidade e a segurança dos veículos.

Além disso, colaborei com a implementação de melhorias no processo de inspeção e participei de auditorias internas, onde pude observar de perto a aplicação de normas como a IATF 16949, que regulamenta a gestão de qualidade para a indústria automotiva. Ao lidar com fornecedores e realizar análises de peças não conformes, desenvolvi habilidades de comunicação e resolução de problemas, essenciais para a manutenção de padrões de qualidade elevados.

Habilidades adquiridas

O estágio também me permitiu desenvolver competências interpessoais e de trabalho em equipe, pois trabalhei em estreita colaboração com outros departamentos, como engenharia de produção e logística, garantindo que a qualidade estivesse integrada em todas as etapas da cadeia de produção. Essa experiência prática consolidou minha capacidade de aplicar o conhecimento teórico da engenharia mecânica em cenários reais, aprimorando minha capacidade de análise crítica e atenção aos detalhes.

4 CONCLUSÃO

Eu, Cínthia, em síntese, a experiência nesse estágio foi uma etapa fundamental na minha formação profissional. As experiências vivenciadas, as competências desenvolvidas e os desafios superados contribuíram significativamente para meu crescimento. Estou mais preparada para enfrentar os desafios futuros da profissão, com uma compreensão mais ampla das práticas e necessidades do setor metalúrgico. Agradeço à equipe da empresa pela orientação e apoio, e espero aplicar esses aprendizados em futuras oportunidades profissionais.

Eu, Gabriel Antônio Avelar, concluo da minha experiência de estágio, na preparação do material de análise de refugo, contribuí para a identificação precisa das causas raiz dos problemas, utilizando ferramentas como o Diagrama de Pareto para direcionar os esforços de investigação de maneira eficaz. Esse trabalho possibilitou a implementação assertiva de ações corretivas, resultando em ganhos significativos na redução de perdas e desperdícios, além de promover uma melhoria contínua nos processos de produção, alinhando as operações aos objetivos de eficiência e qualidade da empresa.

Na parte de tratativas de não conformidades, integrei de forma prática os conceitos teóricos aprendidos, aplicando ferramentas como o Diagrama de Ishikawa, 5 Porquês, e 5W2H, em conjunto com a gestão de projetos, para a implementação eficaz do ciclo PDCA. A organização e o planejamento detalhados permitiram a definição clara dos problemas e a identificação precisa das causas raiz, garantindo que as ações corretivas fossem direcionadas de maneira assertiva. Com a aplicação do PDCA, foram obtidos ganhos significativos, como a padronização das ações, a eliminação eficaz das causas, e a melhoria contínua dos processos, especificamente na realização da solda MIG/MAG realizada pelo robô, assegurando a conformidade dos produtos e o atendimento aos padrões de qualidade exigidos pelo cliente. Essa abordagem não apenas fortaleceu a confiabilidade dos processos, mas também

promoveu uma cultura de melhoria contínua e excelência operacional, não tendo reincidência do problema tratado.

Eu, Valeria, concluo que o Processo de Aprovação de Peça de Produção (PPAP) é um componente essencial da indústria automotiva e de manufatura em geral, desempenhando um papel vital na padronização e garantia da qualidade dos produtos. Os 18 requisitos do PPAP formam uma estrutura robusta que assegura que os fornecedores estejam aptos a entregar peças consistentes, confiáveis e que atendam aos requisitos de engenharia dos fabricantes. Ao longo deste trabalho, foram analisados todos os itens que compõem o PPAP, destacando-se a importância de cada um para a conformidade e a eficiência dos processos produtivos. Desde a análise crítica dos requisitos de design e materiais, passando pelos estudos de capacidade e controle de processo, até a validação final com o cliente, o PPAP se revela uma ferramenta estratégica para a integração entre fornecedores e fabricantes. A implementação correta desses requisitos não apenas mitiga riscos relacionados à qualidade e à variabilidade dos produtos, como também promove um alinhamento entre todas as partes envolvidas, resultando em melhorias contínuas, redução de custos e aumento da satisfação do cliente. Em suma, o PPAP é fundamental para assegurar que o desenvolvimento de novos produtos ocorra de forma controlada e eficiente, trazendo benefícios tangíveis tanto para a indústria quanto para os consumidores.

A elaboração deste trabalho foi amplamente beneficiada pelos conhecimentos adquiridos na disciplina de Metodologia da Pesquisa. Essa disciplina forneceu a base necessária para a construção de uma pesquisa estruturada e objetiva, auxiliando na definição clara do problema, na escolha dos métodos de coleta de dados e na análise das informações relevantes.

Assim, posso concluir que a aplicação rigorosa dos 18 requisitos do PPAP proporciona uma base sólida para a competitividade e inovação no setor, garantindo a entrega de produtos que atendam aos mais altos padrões de qualidade e segurança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIAG - AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. **Advanced Product Quality Planning (APQP)**. Manual. 2ª ed. Southfield: AIAG, 2008.

ALMEIDA, João Vicente de. **Tecnologia da Soldagem**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2016.

BALLOU, R. H. (2004). **Business Logistics/Supply Chain Management**. Pearson Prentice Hall.

BASSAN, J. PPAP: **Plano de Produção e Controle de Processos**. São Paulo: Editora Érica, 2020.

CALLISTER, William D J. **Fundamentos da Ciência e Engenharia de Materiais - Uma Abordagem Integrada**. 5th ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019. E-book. p.a. ISBN 9788521636991. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521636991/>. Acesso em: 16 out. 2024.

CHRISTOPHER, M. (2016). **Logistics & supply chain management**. Pearson UK.

COSTA JUNIOR, Eudes Luiz. **Gestão do Processo Produtivo**. 1. ed. Curitiba: InterSaberes, 2012. 160 p. ISBN 978-8582122433.

COSTA, M. R. (2022). **Gestão de Armazenamento e Controle de Inventário: Práticas e Tecnologias**. Editora Técnica.

FALCONI, José Augusto de Almeida. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia a Dia**. 8. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2004.

FALCONI, Vicente. **Qualidade Total: Como Implantar o Ciclo PDCA e as Ferramentas da Qualidade**. 1992.

FERREIRA, Fábio; BARCELOS, Cristiano Sá. **Lean Office: Como Aplicar os Conceitos Lean em Ambientes Administrativos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

BRAGA FILHO, Washington. **Fenômenos de Transporte para Engenharia**, 2ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2012. E-book. p.Capa1. ISBN 978-85-216-2079-2. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/978-85-2162079-2/>. Acesso em: 16 out. 2024.

GREGÓRIO, Gabriela F. P.; SANTOS, Danielle F.; PRATA, Auricélio B. **Engenharia de manutenção**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. E-book. p. 2.

HEIZER, J., & RENDER, B. (2014). **Operations management: Sustainability and supply chain management**. Pearson.

ISHIKAWA, Kaoru. **What Is Total Quality Control? The Japanese Way**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1982.

JURAN, Joseph M. **Juran's Quality Control Handbook**. 4. ed. São Paulo: Pioneira, 1993.

JURAN, Joseph M.; GRAYNA, Frank M. **Manual da Qualidade**. 5. ed. São Paulo: Pioneira, 1993.

LIMA, Ricardo E. M.; MARTINS, Gilberto S. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas**. 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

LIRA, Francisco Adval de. **Metrologia Dimensional - Técnicas de Medição e Instrumentos para Controle e Fabricação Industrial**. Rio de Janeiro: Érica, 2015. E-book. pág.15. ISBN 9788536519852. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536519852/>. Acesso em: 20 nov. 2024.

LORITE, L.; CUNHA, C. H. **Importância da Qualidade nas Organizações do Segmento Industrial**. Revista Boletim do Gerenciamento, v. 28, 2022.

MACHADO, S. S. **Gestão da Qualidade**. Inhumas-GO: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - Campus Inhumas, 2012.

Manual de PPAP. **Processo de Aprovação de Peça de Produção**, Quarta Edição, março 2006, Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors

MENTZER, J. T., FLINT, D. J., & HULT, G. T. M. (2001). Logistics service quality as a segment-customized process. *Journal of Marketing Theory and Practice*, 9(2), 2-15.

MILAN, Celso Flávio. **Operador de empilhadeira – transporte, movimentação e armazenagem de cargas**, 1ª edição, 3ª reimpressão. São Paulo: Érica, 2003.

MIRANDA, Ricardo. **ERP: Sistemas de Gestão Empresarial**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MONDEN, Yasuhiro. **Toyota Production System: An Integrated Approach to JustIn-Time**. 3. ed. Norcross: Engineering & Management Press, 1997.

OHNO, Taiichi. **Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production**. New York: Productivity Press, 1988.

NETO, Joao. **Metrologia e Controle Dimensional - Conceitos, Normas e Aplicações**. 2nd ed. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2018. E-book. p.36. ISBN 9788595152861. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595152861/>. Acesso em: 16 out. 2024.

OLIVEIRA, A. M. (2023). **Segurança no Armazenamento de Materiais: Normas e Procedimentos**. Editora Segura.

OAKLAND, J. S. **Gestão da qualidade total**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2008.

PIMENTA, J., & Silva, T. (2020). **Eficiência na Gestão de Estoques: Aspectos e Estratégias**. Editora Gestão.

SLACK, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2019). **Operations management**. Pearson.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de produção e operações**: conceitos, ferramentas e métodos. São Paulo: Atlas, 2006.

SILVEIRA, Cícero Giordani da. **Proposta de um método para auxiliar na definição de uma diretriz estratégica da qualidade**. 2011.

VILSEKE, Abel J.; MEDEIROS, Everton C.; VOIGT, Fernanda R.; et al. **Desenho técnico mecânico**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. E-book. p.3. ISBN 9788595023611. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595023611/>. Acesso em: 16 out. 2024.

SOUZA, Stefania M O. **Gestão da qualidade e produtividade**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. E-book. p.Capa. ISBN 9788595025561. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595025561/>. Acesso em: 16 out. 2024.

WAINER, Emilio; BRANDI, Sergio Duarte; HOMEM DE MELLO, Fábio Décourt (Coord.). **Soldagem: Processos e Metalurgia**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1992.