

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**JULES CARLOS NASCIMENTO CANAL
MARIANA LOUREIRO DE MEDEIROS**

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE
PROBLEMAS (MASP) PARA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS EM
UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA**

**VITÓRIA
2022**

JULES CARLOS NASCIMENTO CANAL
MARIANA LOUREIRO DE MEDEIROS

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE
PROBLEMAS (MASP) PARA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS EM UMA
INDÚSTRIA METALÚRGICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia de Produção do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Mirela Guedes Bosi.

VITÓRIA
2022

JULES CARLOS NASCIMENTO CANAL
MARIANA LOUREIRO DE MEDEIROS

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE
PROBLEMAS (MASP) PARA REDUÇÃO DE DESPÉRDÍCIOS EM UMA
INDÚSTRIA METALÚRGICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia de Produção do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em 15 de março de 2022.

COMISSÃO EXAMINADORA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por MIRELA GUEDES BOSI - SIAPE 1650328 Departamento de Engenharia de Produção - DEPICT Em 23/03/2022 às 07:58

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link: <https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/384266?tipoArquivo=O>

Prof.^ª. Dr.^ª. Mirela Guedes Bosi
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por LUCIANO RAIZER MOURA - SIAPE 297828 Departamento de Tecnologia Industrial - DTI/CT Em 23/03/2022 às 22:28

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link: <https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/385258?tipoArquivo=O>

Prof. Dr. Luciano Raizer Moura
Universidade Federal do Espírito Santo



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por VALDIR DA SILVA CORREIA - SIAPE 1173023 Departamento de Engenharia de Produção - DEPICT Em 24/03/2022 às 13:15

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link: <https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/385756?tipoArquivo=O>

Me. Valdir da Silva Corrêa
Universidade Federal do Espírito Santo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes da tocha de corte a plasma.....	17
Figura 2 - Esquematização da relação entre processos de corte.....	19
Figura 3 - Esquematização do processo de soldagem por arco elétrico	20
Figura 4 - Esquematização do processo de soldagem com eletrodos revestidos	21
Figura 5 - Esquematização do processo de soldagem TIG.....	21
Figura 6 - Esquematização do processo de soldagem MIG/MAG manual	22
Figura 7 - Fases da realização do trabalho	24
Figura 8 - Esquematização do Diagrama de Ishikawa	26
Figura 9 - Esquema Árvore de decisão	27
Figura 10 - Matriz SIPOC do processo de Vigas Soldadas.....	30
Figura 11 - Tipos de defeitos encontrados em Vigas Soldadas	31
Figura 12 - Análise de causas raízes dos defeitos em Vigas Soldadas	34
Figura 13 - Matriz SIPOC do processo de Corte a Quente	40
Figura 14 - Tipos de defeitos encontrados em peças cortadas a quente	41
Figura 15 - Mesa de corte da máquina Messer Multitherm, com evidenciação do estado de suas grades e do abastecimento de água.....	43
Figura 16 - Análise de causas raízes do processo de Corte a Quente	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Diagrama de Pareto Vigas Soldadas antes de ações propostas.....	32
Gráfico 2 - Comparativo entre o antes e depois de ações propostas.....	37
Gráfico 3 - Diagrama de Pareto - Corte a Quente antes de ações propostas	42
Gráfico 4 - Comparativo entre o antes e depois de ações propostas.....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Detalhamento das fases do MASP	16
Quadro 2 - Seleção dos gases de plasma de acordo com o tipo de aço	18
Quadro 3 - Método 5W2H	28
Quadro 4 - Somatório de peças defeituosas advindas do processo de Vigas Soldadas antes das ações propostas.....	32
Quadro 5 - Ações executadas durante o período de estudo	35
Quadro 6 - Ações de Melhorias futuras propostas	38
Quadro 7 - Somatório de peças defeituosas advindas do processo de Corte a Quente antes de ações propostas	42
Quadro 8 - Ações executadas durante período de estudo	45
Quadro 9 - Ações de melhorias futuras propostas	48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	11
1.2 OBJETIVOS	12
1.2.1 Objetivo Geral	12
1.2.2 Objetivos específicos	12
1.3 JUSTIFICATIVA	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 CICLO PDCA	14
2.2 MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS (MASP)	15
2.3 PROCESSOS DE CORTE E SOLDAGEM	17
2.3.1 Processo de Corte a Quente	17
2.3.2 Processo de soldagem	19
2.4 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP)	22
3. MÉTODO	23
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	23
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	24
3.3 COLETA DE DADOS	25
3.4.1 Diagrama de Causa e Efeito	26
3.4.2 Diagrama de Pareto	26
3.4.3 Árvore de Decisão	27
3.5 PLANOS DE AÇÃO	27
3.5.1 Método 5W2H	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	28
4.2 VIGAS SOLDADAS	29
4.2.1 Mapeamento e caracterização de processos	29

4.2.2 Diagrama de Pareto.....	31
4.2.3 Análise de causas raízes	33
4.2.4 Plano de ação	35
4.2.5 Implementação das ações e análise das melhorias obtidas	37
4.2.6 Propostas de melhorias futuras.....	37
4.3 CORTE A QUENTE	39
4.3.1 Mapeamento e caracterização de processos.....	39
4.3.2 Diagrama de Pareto - Corte a Quente	41
4.3.3 Análise de causas raízes	43
4.3.4 Plano de ação - 5W2H	45
4.3.5 Implementação das ações e análise das melhorias obtidas	46
4.3.6 Propostas de melhorias futuras.....	47
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
APÊNDICE A – FORMULÁRIO DE LEVANTAMENTO DE DADOS E CONTROLE DE PERDAS	57
APÊNDICE B – PLANO DE AÇÃO 5W2H PROCESSO DE VIGAS SOLDADAS ...	58
APÊNDICE C – PLANO DE AÇÃO DE RECOMENDAÇÕES FUTURAS - VIGAS SOLDADAS	63
APÊNDICE D – PLANO DE AÇÃO 5W2H PROCESSO DE CORTE A QUENTE ...	66
APÊNDICE E – PLANO DE AÇÃO DE RECOMENDAÇÕES FUTURAS - CORTE A QUENTE	72

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por nos dar toda garra e força para que pudéssemos chegar até esse momento de nossas vidas.

Somos gratos à nossa orientadora, Mirela Bosi, pelo profissionalismo, dedicação, motivação, conhecimento e risadas durante as diversas reuniões de orientação.

Jules Carlos Nascimento Canal:

Agradeço a minha base familiar, principalmente a minha mãe, madrinha e avó (*in memoriam*), por terem me dado todo o suporte necessário para que eu pudesse concluir minha graduação e por sempre lembrarem de meus valores e princípios. Agradeço a todos os meus amigos e em especial a Aleff Eller e Mariana Reis por todo apoio moral e contribuição para a evolução do trabalho. Além da Mariana, minha dupla de TCC, que lutou lado a lado comigo para chegarmos a essa conquista.

Deixo minha gratificação a minha atual gestora Fernanda Dantas, por me apoiar e ser sempre muito flexível e generosa quanto aos meus estudos. Agradeço também ao meu gestor do período de estágio, pois sem ele esse projeto não teria saído do papel.

Mariana Loureiro de Medeiros:

Sou imensamente grata a toda família e amigos pelo suporte e palavras amigas quando tudo parecia impossível, em especial ao meu pai que me acompanhou lado a lado durante a elaboração desse trabalho, a minha mãe (*in memoriam*), meu maior exemplo de dedicação aos estudos e, a minha sobrinha, Teresa, que nos momentos difíceis me trazia alegria e descanso com sua presença.

Agradeço a minha dupla de TCC e amigo, Jules, por toda parceria, apoio e incontáveis horas de reuniões de trabalho. Sem você, esse momento teria sido muito mais difícil.

RESUMO

A redução de desperdícios no contexto industrial revela-se como uma das principais estratégias para o aumento de produtividade e consequente vantagem competitiva de uma organização. O presente trabalho teve como objetivo a redução de desperdícios nos processos de beneficiamento do aço em uma empresa do Espírito Santo. Para tanto, foram utilizadas ferramentas provenientes do método de análise e solução de problemas (MASP). Por meio da aplicação da técnica SIPOC os processos foram mapeados e caracterizados, o que permitiu a identificação das falhas ocorridas na produção de Vigas Soldadas e de Peças de Corte a Quente. Foram coletados e analisados dados a respeito das ocorrências de tais falhas, utilizando para isso formulários e análises gráficas, como o Diagrama de Pareto. A integração entre a árvore de decisão e o diagrama de causa e efeito permitiu que as causas raízes fossem identificadas. Os resultados obtidos embasaram a elaboração e implementação dos planos de ação de melhorias, o que possibilitou a redução no número de ocorrências de desperdícios no processo de Corte a Quente e de Vigas Soldadas de, aproximadamente, 95% e 59%, respectivamente. Tais resultados demonstram que as ferramentas utilizadas foram efetivas para a redução de desperdícios nos processos avaliados.

Palavras-chave: Redução de desperdício. Método de análise e solução de problemas (MASP). Corte a Quente. Soldagem de Vigas.

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Em um mercado cada vez mais competitivo e com a desaceleração do crescimento econômico do Brasil, as empresas necessitam de novas fontes de crescimento para permanecerem competitivas. Peppes e Ovanessof (2016) ressaltam que uma fonte crítica para este crescimento é o aumento de produtividade.

No contexto industrial, segundo Reis e Figueiredo (1995), os desperdícios são vistos como um problema desde Henry Ford e, em um sistema, como é o processo fabril, qualquer entrada ou saída desnecessária e indesejada pode ser considerada um desperdício. Desse modo, tem crescido a busca por metodologias e ferramentas que proporcionem a redução de desperdícios, o que resulta em aumento da produtividade (CANTIDIO, 2009) e, por conseguinte, em vantagem competitiva perante os concorrentes.

Desde então, uma série de metodologias voltada para a qualidade e melhoria nos processos foi desenvolvida, como o caso do ciclo PDCA, e o método de análise de solução de problemas (MASP), cujo principal objetivo é aumentar a probabilidade de resolver satisfatoriamente uma situação em que um problema tenha surgido (BASTOS JÚNIOR, 2016).

O método de análise e solução de problemas (MASP) é uma forma sistemática de realização de ações corretivas e preventivas para eliminar problemas (FREITAS, 2009). O cuidado com a qualidade e o controle de produtos defeituosos são preocupações para o crescimento de vários setores industriais (FELÍCIO, 2012), dentre os quais o setor do aço, que é objeto de estudo do presente trabalho.

A produção de aço encontra-se em um estado de crescimento ascendente. Em 2020 foram produzidas cerca de 18,7 bilhões de toneladas do produto e só o Brasil foi responsável por quase 2% deste total, ocupando a 9ª colocação do ranking mundial e a 1ª da América Latina (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2021).

No Brasil, a região Sudeste é a principal produtora de aço do país, havendo produzido cerca de 5,4 milhões de toneladas de aço em 2020. No mesmo ano, o estado do Espírito Santo ocupou a 3ª colocação no ranking nacional. O aço é de suma importância para os setores da construção civil, automobilístico e de perfilaria de arames do país, por serem, respectivamente, os principais consumidores dessa matéria prima (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2021).

Dada a relevância do setor para o mercado brasileiro e a necessidade em reduzir o desperdício de matéria prima, identificou-se a oportunidade de analisar o processo produtivo em uma indústria de médio porte, situada no estado do Espírito Santo, que realiza a transformação do aço, a fim de detectar possíveis melhorias por meio de ferramentas propostas pelo método de análise e solução de problemas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Reduzir o desperdício de matéria prima nos processos de beneficiamento do aço em uma empresa do Espírito Santo, por meio de ferramentas e conceitos advindos do método de análise e solução de problemas.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Identificar os tipos de defeitos em produtos que geram perda de matéria-prima nos processos de Corte a Quente e montagem de Vigas Soldadas, por meio de mapeamento dos fluxos produtivos e levantamentos de dados quanto às possíveis causas dos defeitos.
- b) Analisar os dados levantados a fim de encontrar a causa raiz de cada defeito.
- c) Implantar planos de ação com medidas corretivas a fim de reduzir os defeitos em produtos.

- d) Verificar os resultados obtidos a partir da implementação das ações para validar sua eficácia.

1.3 JUSTIFICATIVA

O relatório do Instituto Aço Brasil (2021) apresentou as projeções para o segundo semestre do ano de 2021. A projeção revelou um aumento de 14% na produção de aço bruto, fechando o ano com 35,8 milhões de toneladas, o que supera as estimativas anteriores de 6,7% e 11,3%, feitas, respectivamente, em novembro de 2020 e em maio de 2021. De acordo com Gandra (2021), seria o maior patamar da história da indústria siderúrgica no Brasil.

A elevação dos indicadores projetados decorre, dentre outros motivos, do aumento da demanda dos mercados consumidores de aço como os setores de construção civil, máquinas e equipamentos e veículos pesados, que têm apresentado uma retomada consistente do consumo.

De acordo com a estimativa da Sondagem Indústria da Construção (2021), o PIB do setor de construção civil, um dos principais consumidores do aço beneficiado do país, registrará uma alta de 4% em 2021. Se confirmado, esse representa o melhor desempenho da construção desde 2013, quando o crescimento foi de 4,5% (BATISTA, 2021).

O aumento da produção bruta de aço e as expectativas de crescimento da demanda de aço beneficiado pelo mercado consumidor têm impulsionado as empresas de beneficiamento a investirem em soluções que promovam maior eficiência operacional de modo a estarem preparadas para absorver maiores demandas.

Segundo Porter (1999), a eliminação de desperdícios e melhor posicionamento de eficácia operacional é uma forma de criar uma estratégia competitiva dentro do mesmo setor. Diante do contexto exposto, a necessidade de aplicação de métodos e técnicas que permitam melhoria na qualidade dos processos e consequente redução de desperdícios nos processos produtivos é justificada.

Desse modo, a partir da análise do cenário atual da empresa estudada e aplicação do método de análise e solução de problemas, espera-se reduzir os desperdícios identificados, promovendo vantagem competitiva frente aos concorrentes do setor.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CICLO PDCA

O ciclo PDCA é um método de gerenciamento que tem como objetivo a promoção de melhoria contínua por meio da padronização e consolidação de práticas gerenciais na organização. Esse método também ficou conhecido como ciclo de Shewhart que foi o seu idealizador em 1930, ou, como ciclo de Deming, que com suas palestras no Japão na década de 1950, tornou o ciclo mundialmente conhecido.

Conforme Bezerra (2014), o ciclo PDCA consiste em uma ferramenta de gestão muito conhecida na administração geral. De forma ampla, ele visa a controlar e melhorar os processos e produtos de uma forma contínua, visto que atua como um processo que não possui intervalos, nem interrupções. O ciclo é ininterrupto, pois usando o que foi aprendido em uma aplicação do PDCA, pode-se começar o ciclo seguinte, em uma tentativa mais complexa e, assim, sucessivamente. Com isso, o último ponto sobre o PDCA se torna o mais importante, em que o ciclo assumirá um novo começo (FALCONI, 2014).

A fase de planejamento (*Plan*) consiste no estabelecimento de metas e objetivos, bem como dos métodos e procedimentos necessários para alcançá-los. O planejamento é composto pelas etapas de identificação e reconhecimento do problema, análise das causas desses problemas e desenvolvimento de um plano de ação, que contém medidas para tratar as causas identificadas. Para que essa fase seja bem-sucedida, é importante que os responsáveis estejam preparados para identificar os pontos de melhoria e estabeleçam um planejamento coerente para o atingimento destes (COUTINHO, 2017).

Na fase de execução (*Do*) será realizada a implementação do planejamento proposto anteriormente. Segundo Chaves (1980), para um bom desempenho, é fundamental

realizar as seguintes etapas: conscientizar a direção da empresa, investir em treinamento e motivação da equipe, preparar e seguir um plano de ação, corrigir os pontos mais fracos, criar uma auditoria interna para reavaliar, medir e revisar periodicamente o plano de ação.

Após o planejamento e execução do plano, inicia-se a fase de verificação (*Check*), em que é necessário analisar se o planejado e o executado foram alcançados de fato. Essa validação é feita por meio da comparação entre as metas desejadas e os resultados obtidos (COUTINHO, 2017). Andrade (2003) afirma que todos os atos deverão ser monitorados e formalizados adequadamente na fase de execução, para que a verificação dos resultados seja realizada da maneira mais eficaz possível. Para isso, utilizam-se relatórios de acompanhamento e de desvios, apresentando o atendimento ou não aos parâmetros de controle estabelecidos.

Na fase agir (*Act*) do PDCA, são realizadas as ações corretivas, a fim de corrigir as falhas ocorridas durante o processo. Essa fase possui duas principais vertentes: a primeira consiste em investigar as causas principais relacionadas às falhas detectadas com o objetivo de evitar suas repetições por meio da proposição de soluções que eliminem ou mitigue as causas; e, a segunda, torna como padrão o planejado na primeira fase, desde que as metas planejadas tenham sido bem-sucedidas (MARSHALL JUNIOR, 2006). Segundo Bezerra (2014), após a correção ser realizada, deve-se repetir o ciclo. É nesta fase que o ciclo reinicia dando continuidade ao processo de melhoria contínua.

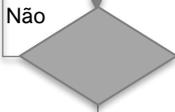
2.2 MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS (MASP)

O método de análise e solução de problemas (MASP), também conhecido como História do Controle de Qualidade (*QC-Story*), teve início no Japão, na década de 1950 (SALVADORI, 2021). Segundo Werkema (1995), o MASP constitui uma sequência de procedimentos racionais, em que através do levantamento de fatos e da coleta de dados, visa a identificar a causa fundamental de um problema para combatê-lo e eliminá-lo.

A utilização do MASP implica na adoção de Ferramentas da Qualidade que são aplicadas em processos de melhoria contínua para eliminar as anomalias dos processos, proporcionando o aumento de qualidade e desempenho dos resultados organizacionais (TUBINO, 2009). De acordo com Carneiro et al. (2012), o MASP se destina a melhorias de qualidade para tornar processos mais organizados e evitar desperdícios relacionados a tempo e dinheiro até sua solução por meio de correções e ações preventivas de maneira ordenada.

O processo a ser seguido no MASP possui embasamento no ciclo PDCA, considerando que cada uma das etapas do MASP é enquadrada nas etapas do ciclo PDCA (Quadro 1) (CAMPOS, 1992).

Quadro 1 – Detalhamento das fases do MASP

PDCA	FLUXOGRAMA	FASE	OBJETIVO
P		Identificação do problema	Definir claramente o problema e reconhecer sua importância.
		Observação	Investigar as características específicas do problema com uma ampla e sob vários pontos de vista.
		Análise	Descobrir as causas fundamentais.
		Plano de ação	Conceber um plano para bloquear as causas fundamentais.
D		Ação	Bloquear as causas fundamentais.
C		Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo.
		Bloqueio foi efetivo?	
A		Padronização	Prevenir contra o reaparecimento do problema.
		Conclusão	Recapitular todo o processo de solução do problema para trabalho futuro.

Fonte: Campos (1992).

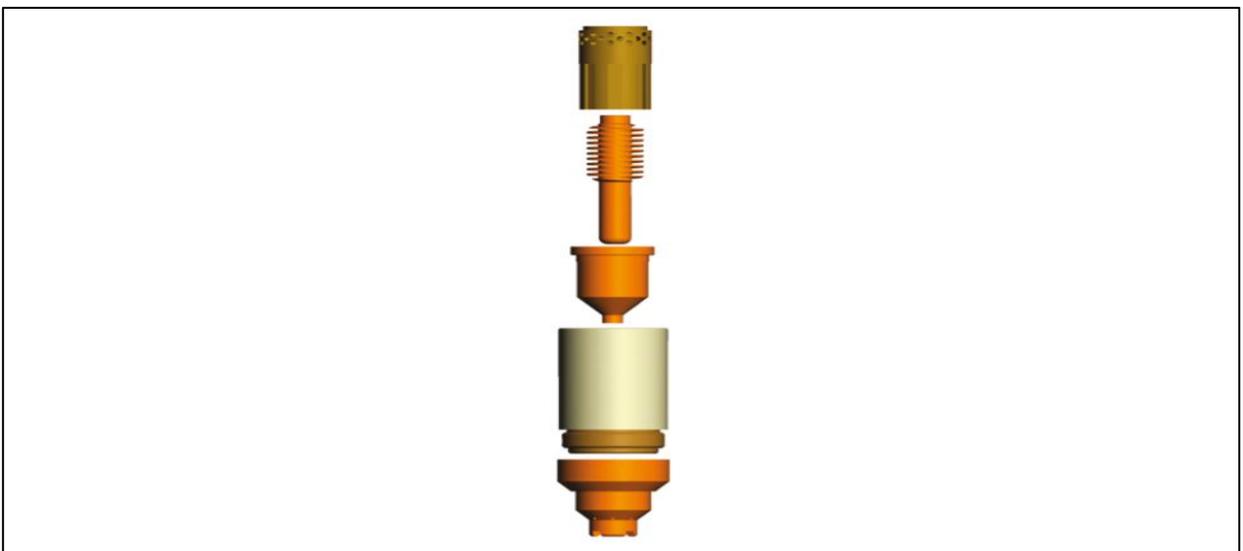
2.3 PROCESSOS DE CORTE E SOLDAGEM

2.3.1 Processo de Corte a Quente

Os três primeiros estados da matéria são sólido, líquido e gasoso. Quando calor é aplicado aos gases, eles ionizam, tornando-se eletricamente condutores, tal estado é denominado de “4º estado da matéria”, também chamado de plasma (LIMA, 2008). Desde 1995 o processo denominado de corte a plasma tem sido implementado e vem substituindo os processos de corte com tesouras, serras e chamas (FERREIRA, 2017).

O processo de corte a plasma utiliza um bico com orifício otimizado para comprimir o gás ionizado em alta temperatura e derreter seções de metais condutores. A tocha serve de suporte para os consumíveis, que podem ser quaisquer produtos utilizados no processo, fornecendo fluido refrigerante (gás ou água) para o corte. O distribuidor é constituído de material isolante e sua finalidade é dar sentido rotacional ao gás. O eletrodo conduz a corrente para a emissão de elétrons que gera o plasma. A capa tem como função manter os consumíveis alinhados e isolar a parte elétrica do bocal, que por sua vez guia o fluxo do jato de ar coaxial até a chapa de aço. A Figura 1 ilustra os componentes desse processo de corte (LIMA, 2008).

Figura 1 - Componentes da tocha de corte a plasma



Fonte: Lima (2008).

Segundo Nemchinsky e Severance (2006), há duas formas de iniciar um processo de corte: penetrando a peça pelo centro ou pelos cantos. Iniciar o processo pelos cantos é preferível, uma vez que reduz a frequência de defeitos, pois há a proteção da tocha. No entanto, dependendo da geometria da peça, não há maneira de evitar o início pelo centro.

O gás utilizado no processo de plasma pode ter duas funções distintas: insumo para geração do plasma e refrigeração dos consumíveis, servindo também como agente para afastar o eletrodo móvel, em caso de sistemas por contato (LIMA, 2008). A escolha desses gases vai depender do tipo de aço a ser cortado, conforme apresentado no Quadro 2.

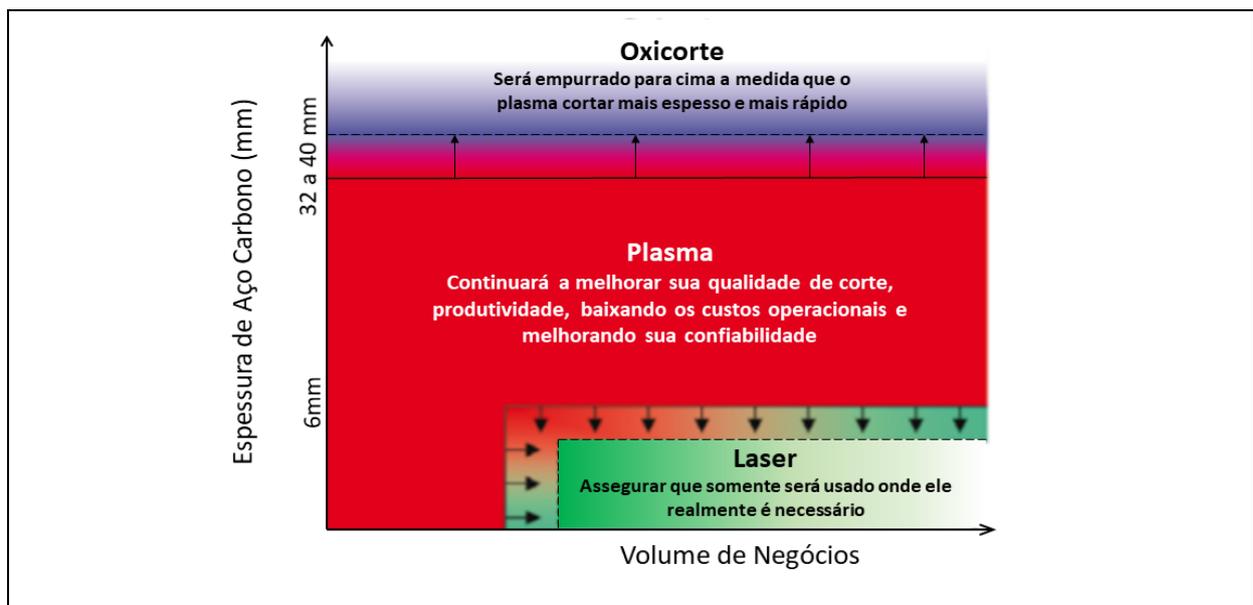
Quadro 2 - Seleção dos gases de plasma de acordo com o tipo de aço

Seleção do gás de plasma			
Gás	Aço	Vantagens	Desvantagens
Ar	Aço carbono; Alumínio; Aço inox.	Corte limpo e rápido em aço carbono; Baixo custo.	Baixa vida útil do eletrodo; Nitretação da superfície de corte; Oxidação em alumínio e inox.
Nitrogênio	Aço inoxidável; Alumínio; Aço carbono.	Bom acabamento em alumínio e inox; Excelente vida útil dos consumíveis; Baixo custo.	Nitretação da superfície de corte; Custo alto para os sistemas manuais de alta vazão.
Oxigênio	Aço carbono;	Maior velocidade de corte; Superfície livre de nitretação; Menor angularidade.	Baixa vida útil dos consumíveis; Não aplicável em alumínio e inox.

Fonte: Lima (2008).

O processo de corte a plasma possui diversas vantagens técnicas e econômicas, porém existem aplicações em que os outros processos de corte térmico são mais adequados, como em peças de aço carbono com espessuras acima de 40 mm, em que o mais recomendado é o processo de Oxicorte devido ao seu baixo custo inicial e operacional. Para peças com espessuras abaixo de 6 mm, com requisitos de ângulo reto, é comum utilizar o processo de corte a *laser*, segundo recomendações da ISO 9013. A Figura 2 apresenta a esquematização do comportamento desses processos (LIMA, 2008).

Figura 2 - Esquematização da relação entre processos de corte

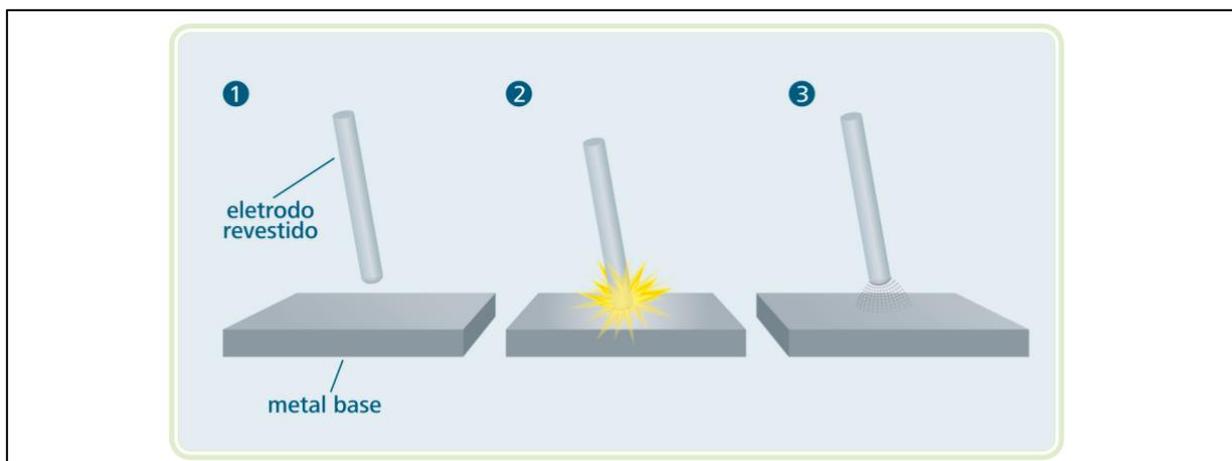


Fonte: Lima (2008).

2.3.2 Processo de soldagem

Define-se como processo de soldagem a união localizada de metais ou não metais, por meio da fusão entre peças. Um arco elétrico é a coluna de plasma formada entre o eletrodo e uma peça. Alguns fatores como a oxidação, tintura, umidade, poeira e gordura podem ser considerados uma barreira para o processo, pois dificultam a abertura do arco elétrico que promove o processo de soldagem, conforme destacado pelo número 2 na Figura 3 (MACHADO, 1996).

Figura 3 - Esquemática do processo de soldagem por arco elétrico

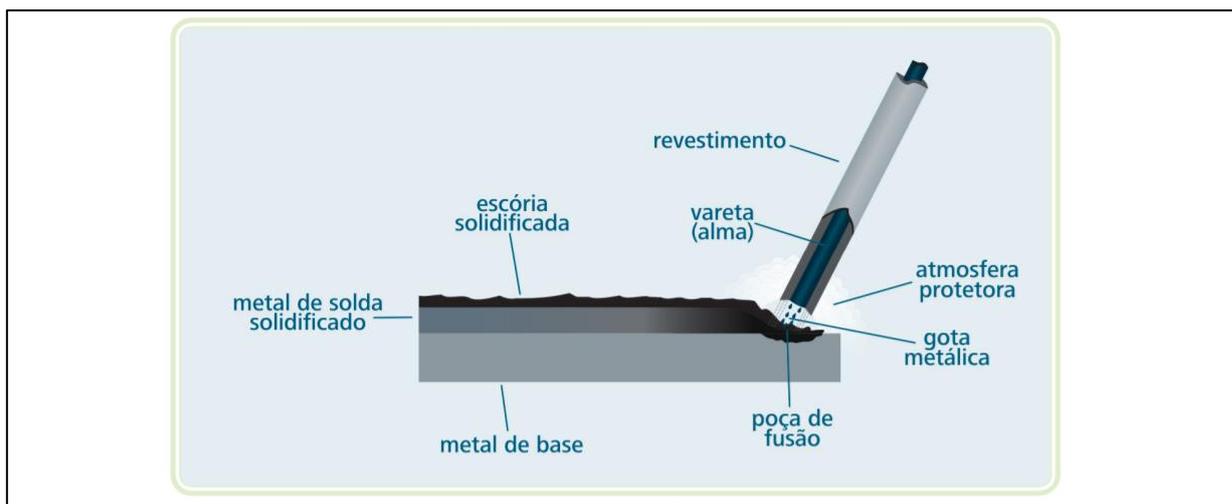


Fonte: Peixoto (2012).

Os consumíveis utilizados nos processos de soldagem podem variar de acordo com o tipo de solda. Na soldagem manual com eletrodos revestidos, o único consumível é o eletrodo empregado, enquanto na soldagem por arco submerso são o arame e o fluxo. Na soldagem com gás de proteção, são utilizados argônio, hélio, dióxido de carbono ou misturas de gases, bem como o arame. Também são incluídos no grupo dos consumíveis bocais, peças de reserva e a energia elétrica empregada na soldagem (PEIXOTO, 2012).

O processo de soldagem com eletrodos revestidos consiste na abertura e na manutenção de um arco elétrico entre o eletrodo revestido, condutor metálico que permite a passagem de corrente elétrica, e a peça a ser soldada, de modo a fundir simultaneamente o eletrodo e a peça. O metal fundido do eletrodo é transferido para a peça, formando uma poça de metal fundido que é protegida da atmosfera pelos gases de combustão do eletrodo e elementos geradores de escória presentes no revestimento e que são incorporados ao metal fundido no ato da combustão do revestimento exemplificado na Figura 4. O eletrodo revestido é utilizado na soldagem de estruturas metálicas e montagem de vários equipamentos, tanto na oficina quanto no campo e até embaixo d'água para materiais de espessuras entre 1,5 mm a 50 mm. É um processo predominantemente manual, porém pode admitir alguma variação mecanizada (PEIXOTO, 2012).

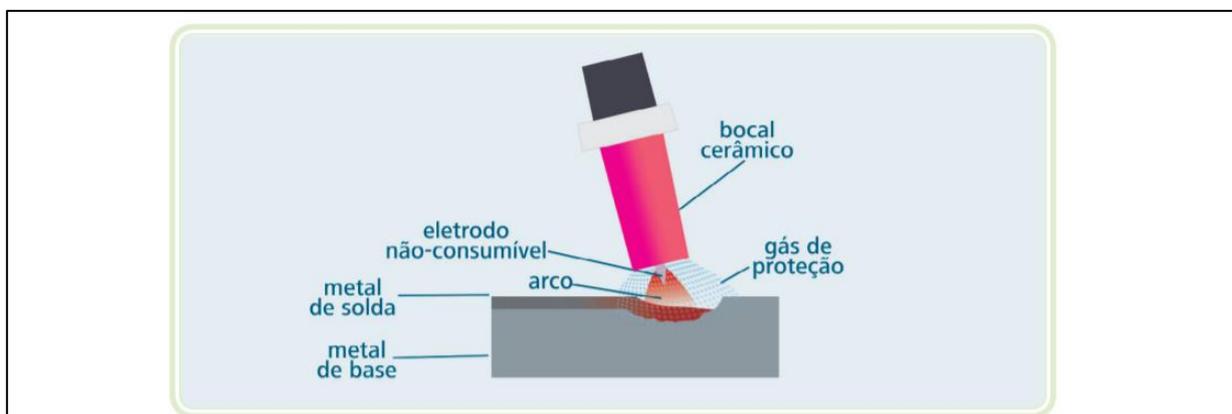
Figura 4 - Esquemática do processo de soldagem com eletrodos revestidos



Fonte: Peixoto (2012).

A soldagem a arco com eletrodo de tungstênio e proteção gasosa (TIG – *Tungstem Inert Gas*) é um processo no qual a união de peças metálicas é produzida pelo aquecimento e fusão dessas peças por meio de um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo de tungstênio não consumível e as peças, sendo que a proteção da poça de fusão e do arco elétrico contra a contaminação pela atmosfera é feita por uma nuvem de gás inerte ou mistura de gases inertes (Figura 5). A soldagem pode ou não ser feita com adição de metal que, quando realizada, é feita diretamente na poça de fusão (PEIXOTO, 2012).

Figura 5 - Esquemática do processo de soldagem TIG

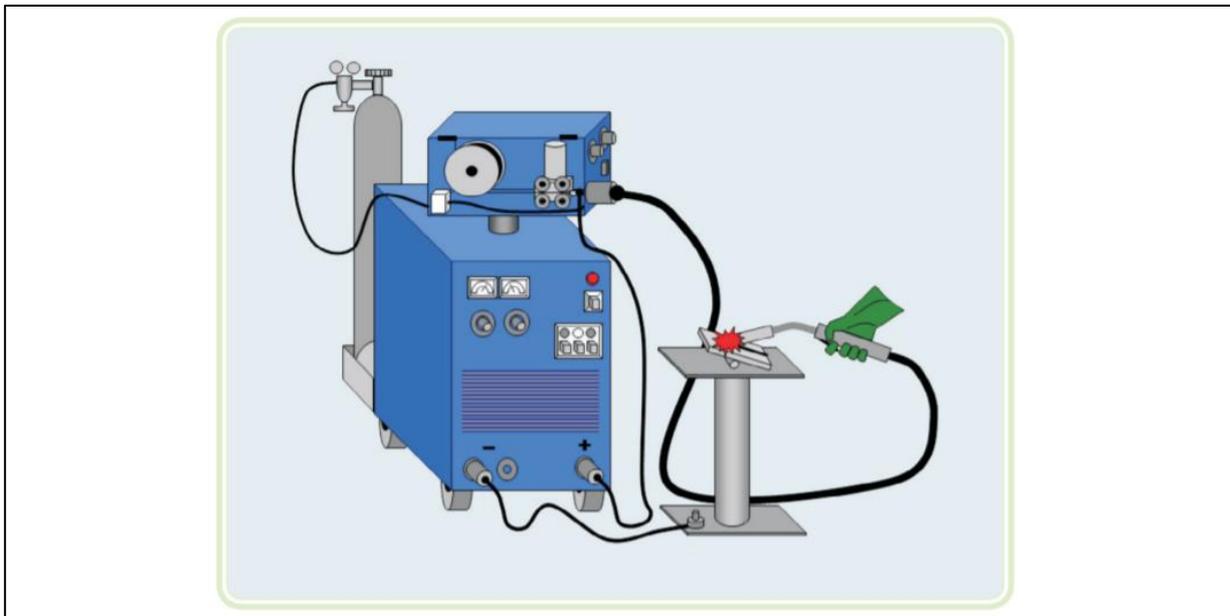


Fonte: Peixoto (2012).

O processo de soldagem MIG/MAG, baseia-se na fonte de calor de um arco elétrico mantido entre a extremidade de um arame não consumível, alimentado

continuamente, e a peça a soldar. A proteção atmosférica é feita por um gás inerte (Ar e He), ativo (CO₂) ou uma mistura de ambos. Esse processo pode ser aplicado de forma automática, quando o movimento da tocha é feito por uma máquina, ou semi-automática, quando a tocha é conduzida manualmente pelo operador (soldador), conforme Figura 6 (SCOTTI; PONOMAREV, 2008).

Figura 6 - Esquemática do processo de soldagem MIG/MAG manual



Fonte: Peixoto (2012).

2.4 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP)

O Sistema Toyota de Produção, desenvolvido ao longo das décadas de 1950 e 1960, é atribuído a Taiichi Ohno, Engenheiro da Toyota no período seguinte à Segunda Guerra Mundial.

Segundo Ohno (1997), a produtividade poderia aumentar em um fator de dez, se os desperdícios forem eliminados, uma vez que não agregam valor e resultam em custo. Esse princípio marca o início do Sistema Toyota de Produção. Diante disso, Ohno (1997) propôs que as perdas presentes no sistema produtivo fossem classificadas em sete grupos, sendo eles: perda por superprodução (quantidade e antecipada); por espera; por transporte; perda no próprio processamento; por estoque; por movimentação; e perda por fabricação de produtos defeituosos.

O STP é formado sobre dois pilares direcionadores (OHNO,1997): o *Just in time* (JIT), cujo objetivo é produzir somente o que é necessário, na quantidade necessária, e quando for necessário; e o *Jidoka*, ou automação, que tem como propósito fornecer aos operadores e às máquinas a capacidade de identificar eventos anormais na produção e pará-la imediatamente, impedindo a fabricação de produtos defeituosos ou fora dos padrões preestabelecidos.

3. MÉTODO

O presente capítulo visa abordar o tipo de pesquisa realizada bem como os métodos e ferramentas utilizados para atingir os objetivos esperados. Além disso, apresenta também as etapas seguidas para a realização do estudo.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

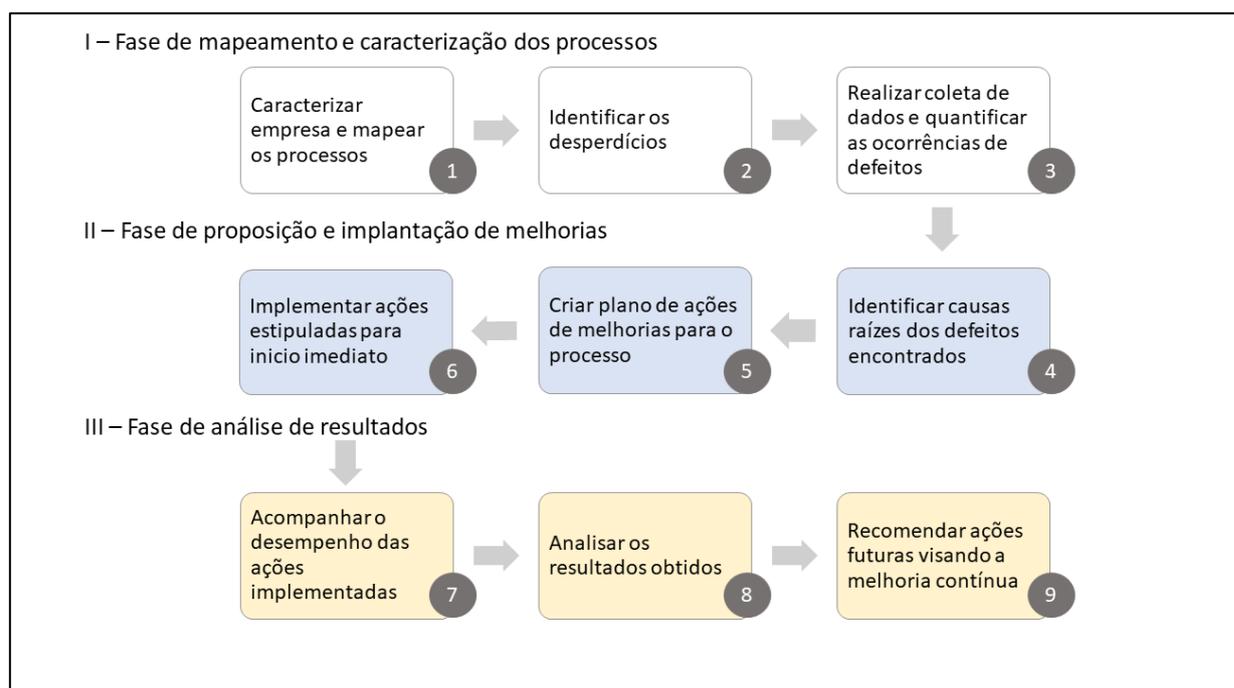
Trata-se de uma pesquisa com abordagem quantitativa, tendo em vista que a caracterização do cenário atual da empresa, no que tange o levantamento de desperdícios identificados, foi necessário quantificar as ocorrências e em seguida, priorizar por meio da análise dos dados. A pesquisa apresenta também caráter qualitativo, dado que após o levantamento quantitativo das ocorrências, para cada uma delas é realizada uma análise de suas causas e consequências a fim de compreender seu comportamento. A pesquisa de métodos mistos (integração entre pesquisas qualitativa e quantitativa) “[...] possibilita a realização de estudos com desenhos metodológicos diferentes, mas que produzem dados mutuamente complementares” (SANTOS et al., 2017, p. 7), contribuindo para uma interpretação mais completa e assertiva do objeto de estudo.

A pesquisa se caracteriza como descritiva que “[...] tem como principal objetivo descrever características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre as variáveis” (GIL, 1999, p.46). Diante disso, o presente trabalho busca descrever as ocorrências de falhas e desperdícios a fim de fornecer análises que permitam reduzi-los.

O trabalho também se enquadra como estudo de caso, “[...] que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real” (YIN, 2001, p.32). Por meio do estudo de caso pretende-se coletar dados e informações relativos ao processo de corte e montagem de Vigas Soldadas a fim de identificar todos os tipos de defeitos em produtos que geram perda de matéria prima, fornecendo subsídios para a elaboração de um plano de ação para redução dos desperdícios.

O trabalho foi dividido em 3 fases, conforme Figura 7: (I) Mapeamento e caracterização dos processos, (II) Proposição e implantação de melhorias e (III) Análise de resultados e discussões.

Figura 7 - Fases da realização do trabalho



Fonte: Elaborada pelos autores.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A indústria estudada, que é de médio porte, situa-se na região metropolitana do estado do Espírito Santo, com filiais em outros estados do sudeste e nordeste brasileiro, possuindo como principal atividade a transformação do aço. A empresa possui processos do tipo em massa, em que são produzidos bens em alto volume com variedade relativamente pequena (MILESKI JUNIOR, 2013), como no caso da

produção de tubos, telhas e perfis e processos do tipo *jobbing*, em que a variedade é muito alta, porém com baixos volumes (MILESKI JUNIOR, 2013), como no caso da produção de peças com cortes especiais e vigas soldadas.

Um grande diferencial da empresa é o processo do tipo *jobbing*, uma vantagem competitiva, visto que a concorrência para esse nicho de mercado é baixa nas regiões em que a empresa atua. Não existe grande padronização em catálogo para os produtos de cortes especiais e vigas soldadas, tornando-se assim os processos de maior gargalo e que foram levados para as análises aqui propostas.

3.3 COLETA DE DADOS

Após o mapeamento dos processos de Corte a Quente e de Vigas Soldadas, iniciou-se a coleta de dados por meio de um formulário (APÊNDICE A) aplicado aos inspetores da qualidade e ao operacional da empresa, que conviviam diretamente com a produção diária.

A etapa de mapeamento dos processos ocorreu com a revisão e atualização de fluxogramas e com a utilização do mapeamento SIPOC. A sigla SIPOC parte dos termos em inglês: *Suppliers* (fornecedores), *Inputs* (entradas), *Process* (processo), *Outputs* (saídas) e *Customers* (consumidores). Essa técnica permite ter uma visão mais ampla do fluxo produtivo, possibilitando a realização de melhorias nos processos, a partir da definição de suas fronteiras, listagem e especificação das entradas e saídas e detecção de possíveis falhas ou falta de especificações (ANDRADE et al., 2012).

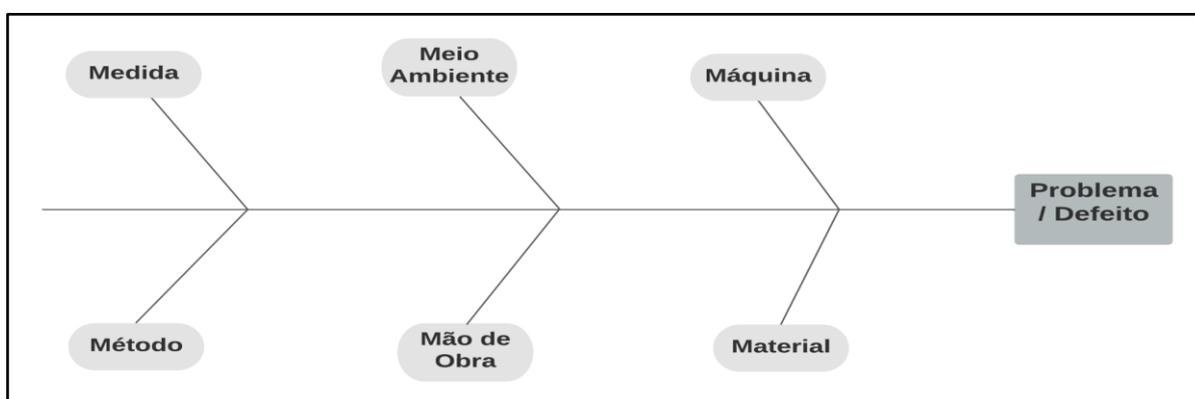
Com o detalhamento dos processos tornou-se possível a elaboração do formulário para a coleta dos seguintes dados: a data de produção de determinado pedido, a quantidade de peças produzidas, a quantidade de peças defeituosas, tipo de descontinuidade, nome do operador, além de um campo para a explicação do porquê do problema evidenciado. Os dados foram lançados no Microsoft Excel e com o número do pedido foi possível acessar o sistema da empresa, o Datasul, para a consulta de dados complementares como o tipo de aço utilizado, as dimensões e pesos das peças defeituosas.

3.4 ANÁLISE DE DADOS

3.4.1 Diagrama de Causa e Efeito

O Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Espinha de Peixe, é uma ferramenta desenvolvida por Kaoru Ishikawa com o intuito de explicar como diversos fatores de um mesmo processo estão relacionados (FURUKITA, 2017). Essa ferramenta torna possível traçar ações focando nas seis vertentes das causas de um problema, denominadas 6M: mão de obra, matéria prima, método, máquina, meio ambiente e medida, conforme apresentado na Figura 8 (LOBO; LOOS, 2019).

Figura 8 - Esquemática do Diagrama de Ishikawa



Fonte: Elaborada pelos autores.

3.4.2 Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto é uma ferramenta apresentada por um gráfico do tipo barras, ordenado da mais alta para a mais baixa, combinadas com uma curva que mostra o percentual acumulado de cada barra (WERKEMA, 1995).

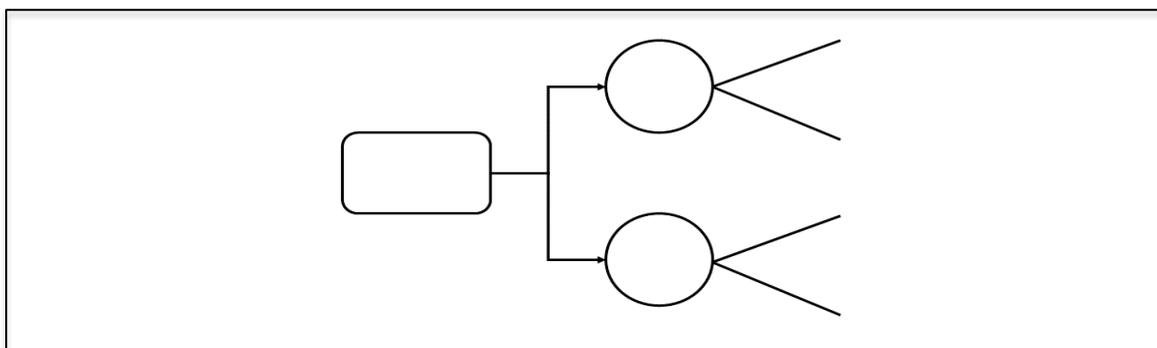
Quando Joseph M. Juran desenvolveu a ferramenta, foi levantada a hipótese de que 80% dos efeitos estavam em 20% das causas, criando o Princípio de Pareto ou Princípio 80/20 (FURUKITA, 2017). Essa teoria demonstra que os esforços para resolver problemas podem ser concentrados em parcelas reduzidas de fatores,

diminuindo o número de ações e tempo de realização de um projeto (WERKEMA, 1995).

3.4.3 Árvore de Decisão

A árvore de decisão é uma ferramenta muito utilizada para modelagem da decisão. Trata-se de uma representação gráfica de um problema envolvendo uma tomada de decisão com diferentes alternativas. Segundo Ragsdale (2001), a árvore de decisão é composta por nós (representados por círculos e quadrados) interconectados por ramos (representados por linhas). Um nó quadrado é chamado de nó de decisão porque representa uma decisão. Ramos emergindo do nó de decisão representa as diferentes alternativas para uma decisão particular. A Figura 9 ilustra essa representação.

Figura 9 - Esquema Árvore de decisão



Fonte: Elaborada pelos autores.

3.5 PLANOS DE AÇÃO

3.5.1 Método 5W2H

De acordo com Mello et al. (2016), o método 5W2H consiste em um plano de ação que objetiva executar um *checklist*. Através do preenchimento do *checklist*, obtém-se um planejamento geral que possibilita a tomada de decisão quanto às ações que devem ser realizadas.

Com a crescente complexidade em gerenciar processos e informações, o 5W2H, por meio de respostas simples e objetivas, permite que sejam identificadas informações importantes para a contextualização de um planejamento. O método é constituído por sete perguntas (Quadro 3), utilizadas para implementar soluções.

Quadro 3 - Método 5W2H

Método 5W2H			
5W	<i>What</i>	O que?	Que ação será executada?
	<i>Who</i>	Quem?	Quem irá participar/executar a ação?
	<i>Where</i>	Onde?	Onde será executada a ação?
	<i>When</i>	Quando?	Quando a ação será executada?
	<i>Why</i>	Por quê?	Por que a ação será executada?
2H	<i>How</i>	Como?	Como será executada a ação?
	<i>How Much</i>	Quanto custa?	Quanto custa para executar a ação?

Fonte: Adaptado Sebrae (2008).

Percebe-se que as respostas a essas questões estão interligadas e que, ao final do preenchimento da planilha, surge um plano de ação detalhado de fácil visualização e compreensão. O plano define as ações realizadas, de que maneira serão feitas e quais os responsáveis pela execução de tais atividades.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

A empresa em estudo encontra-se em um momento de crescimento constante, o que torna necessário o aprimoramento diário de seus processos. A fim de solucionar os problemas que interferem na sua expansão, utilizaram-se ferramentas e conceitos advindos do método de análise e solução de problemas.

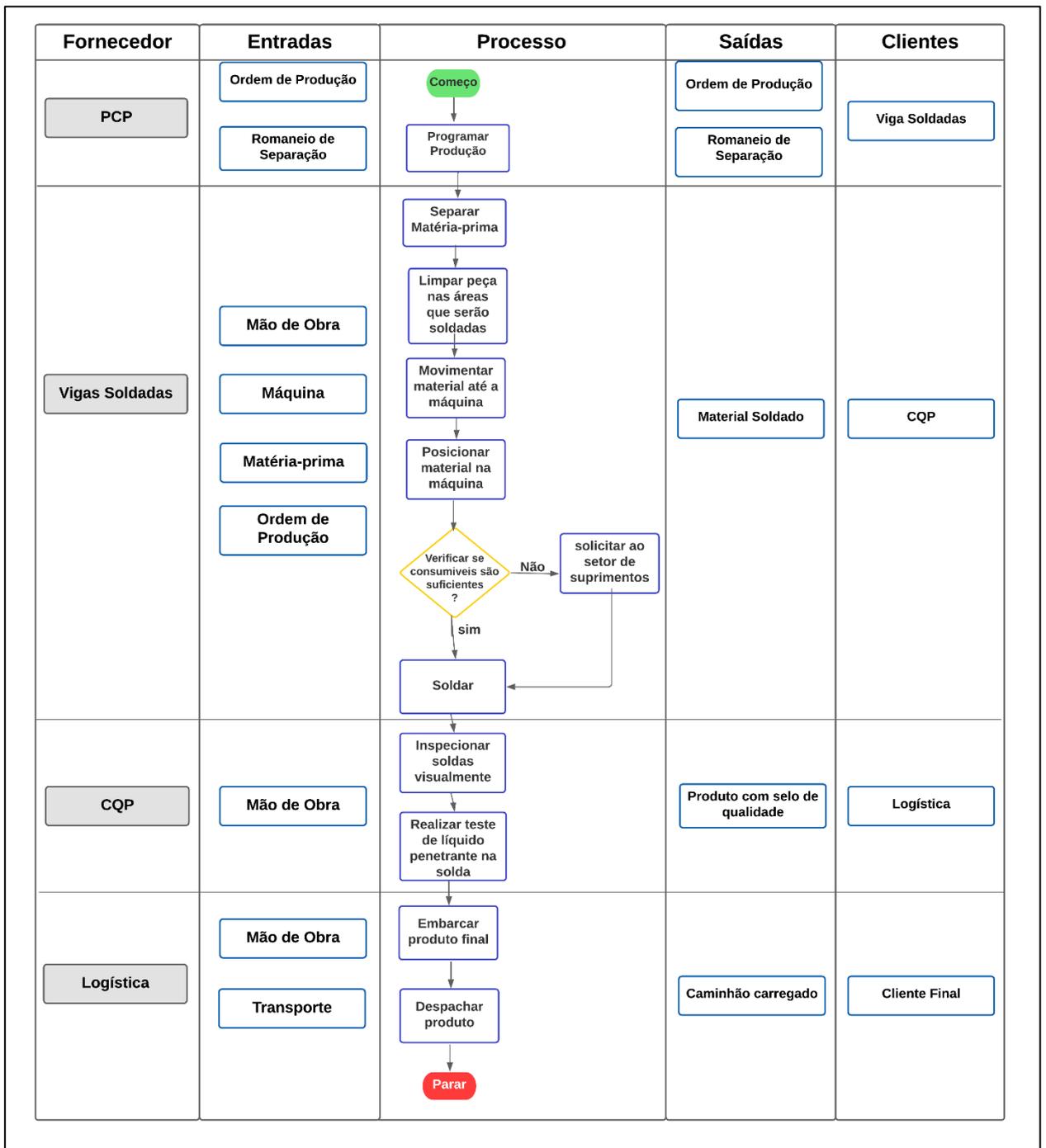
Foi verificado que a empresa não realizava o controle de seus desperdícios, não havendo um banco de dados que auxiliasse nas tomadas de decisão. A falta de controle impactava diretamente os setores da produção com retrabalhos e desperdícios desnecessários de matéria-prima. Em um primeiro momento, por meio de entrevistas com as partes envolvidas nos processos, coordenadores, supervisores e operadores, foi identificada uma série de desperdícios não registrados, que geraram inclusive impacto financeiro. Com isso, iniciou-se uma etapa de caracterização do processo produtivo, identificando e mapeando falhas que geravam algum tipo de desperdício, objetivando seu monitoramento e controle, para uma posterior solução. Para fins de melhor compreensão, a análise será realizada individualmente para cada um dos dois processos analisados: Vigas Soldadas (4.2) e Corte a Quente (4.3), respectivamente.

4.2 VIGAS SOLDADAS

4.2.1 Mapeamento e caracterização de processos

Para que o cenário atual da empresa fosse compreendido em detalhes, foi realizado o mapeamento de processos produtivos por meio da aplicação da técnica SIPOC aliada ao uso de fluxogramas a fim de explicitar cada etapa do processo, bem como os setores de suporte à produção e os recursos necessários para o pleno cumprimento da etapa produtiva. A Figura 10 apresenta a matriz SIPOC do processo de Vigas Soldadas.

Figura 10 - Matriz SIPOC do processo de Vigas Soldadas

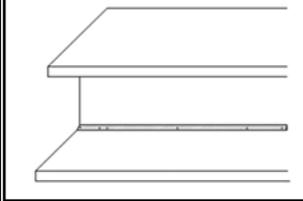
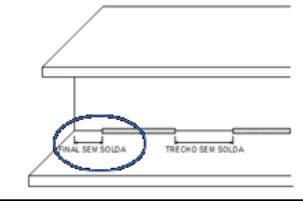
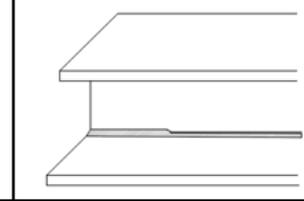
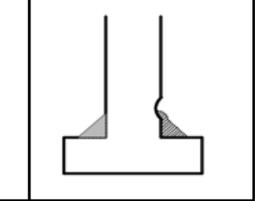
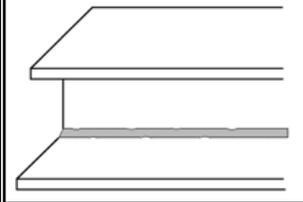
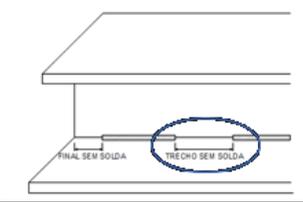
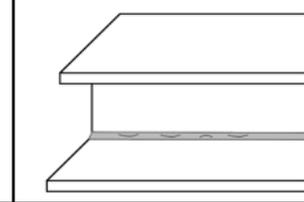
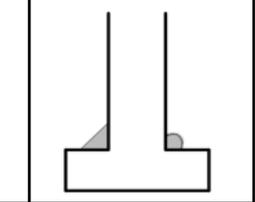


Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir do mapeamento, os seguintes defeitos foram identificados: desalinhamento e parada de solda, deposição de material insuficiente, penetração excessiva e mordedura, começo/final da peça sem solda, poro e trinca.

O desalinhamento e parada de solda referem-se a interrupções na junta de solda, já a deposição insuficiente refere-se à falha em fundir e encher completamente a raiz da junta de solda, enquanto na penetração excessiva ocorre uma fusão superior à necessária (LUCA, 2014). A mordedura é um tipo de reentrância aguda formada pela ação da fonte de calor do arco entre um passe de solda e o metal de base ou outro passe adjacente (LUCA, 2014). O poro é um tipo de cavidade que surge devido ao aprisionamento de gases durante a solidificação do metal de solda (TREVISAN; MAIA, 2007). A trinca é um tipo de fissura da junta de solda provocada pelo acúmulo de hidrogênio (SILVA et al., 2012). A Figura 11 apresenta um diagrama esquemático que ilustra esses defeitos.

Figura 11 - Tipos de defeitos encontrados em Vigas Soldadas

PO	CF	DS	PE
PORO	COMEÇO / FINAL SEM SOLDA	DESALINHAMENTO DE SOLDA	PENETRAÇÃO EXCESSIVA
			
MO	PS	TR	DI
MORDEDURA	PARADA DE SOLDA	TRINCA	DEPOSIÇÃO
			

Fonte: Elaborada pelos autores.

4.2.2 Diagrama de Pareto

Após a identificação dos defeitos listados, por meio da realização da coleta de dados quantitativos referentes ao desperdício gerado por cada falha, construiu-se o Diagrama de Pareto (Gráfico 1), com base nos dados coletados entre 22 de julho e 1º

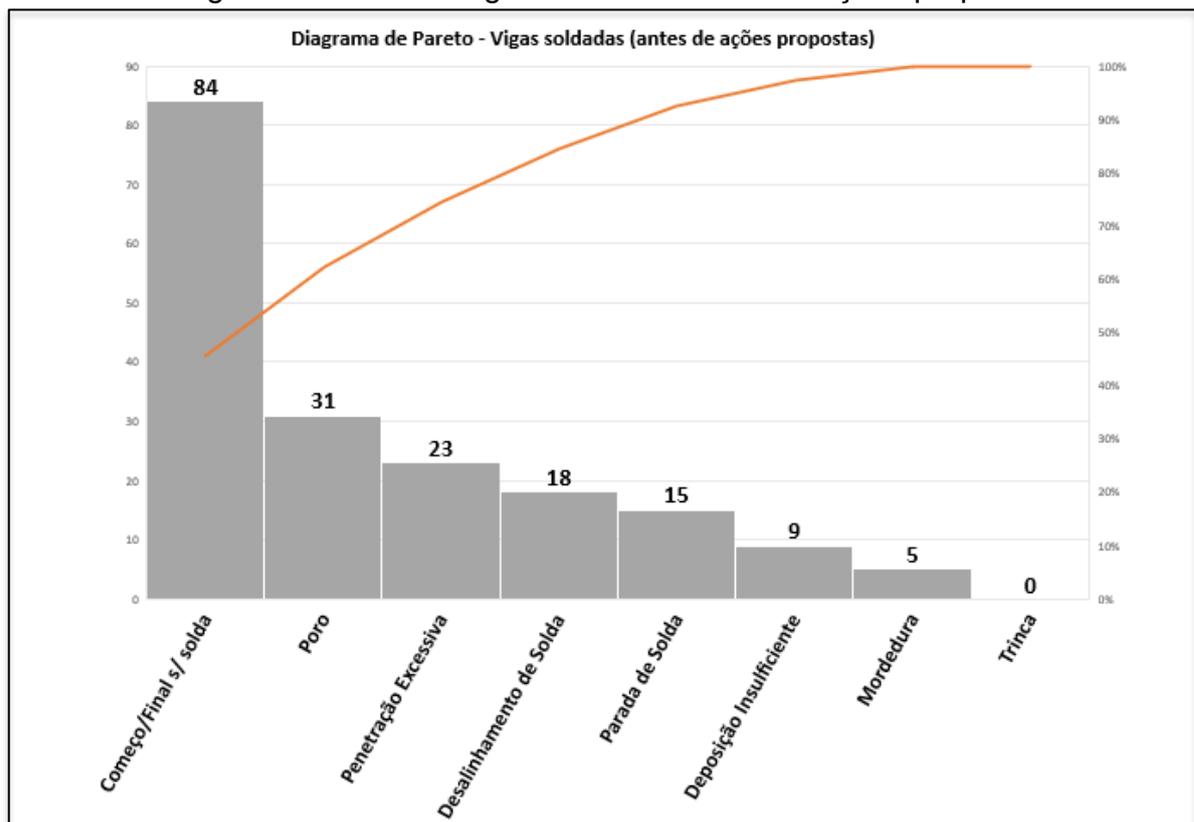
de outubro de 2021 (Quadro 4). O Diagrama permitirá uma posterior análise do comportamento dos defeitos após a aplicação das ações.

Quadro 4 - Somatório de peças defeituosas advindas do processo de Vigas Soldadas antes das ações propostas

DEFEITO	QUANTIDADE
Começo/Final sem solda	84
Poros	31
Penetração Excessiva	23
Desalinhamento de solda	18
Parada de solda	15
Deposição insuficiente	9
Mordedura	5
Trinca	0
Total	185

Fonte: Elaborada pelos autores.

Gráfico 1 - Diagrama de Pareto Vigas Soldadas antes de ações propostas



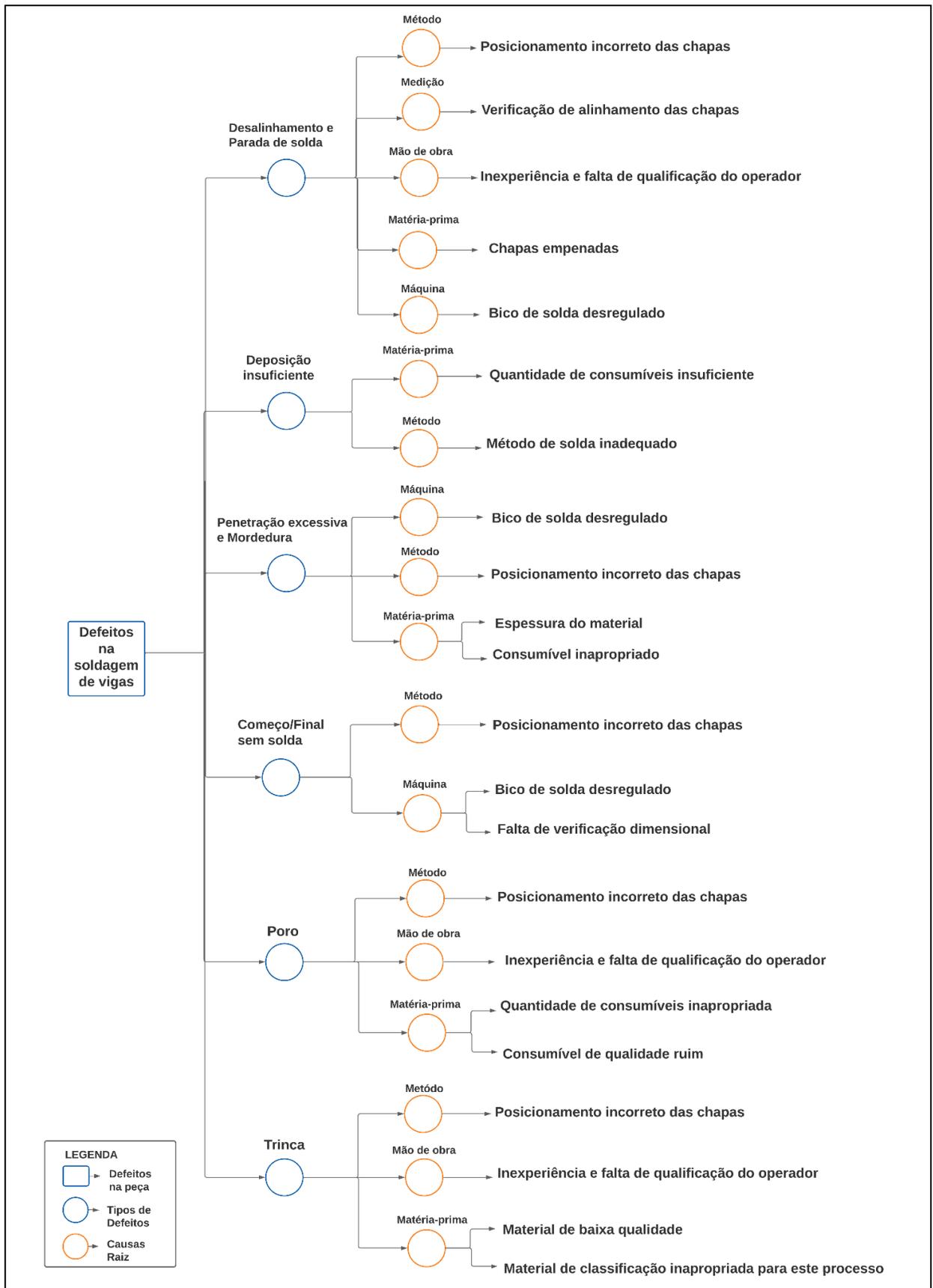
Fonte: Elaborada pelos autores.

As peças com Começo/Final sem solda foram o grupo de defeitos com maior incidência pela provável desregulagem do bico de solda da máquina e falta de verificação dimensional por parte dos operadores, causas que também podem contemplar o desalinhamento e parada de solda. Os defeitos de poro e penetração excessiva vêm logo em seguida no ranking, provavelmente pela baixa qualidade dos consumíveis, pela maneira de posicionar as chapas na mesa de solda e/ou pelo método de solda inadequado ao processo.

4.2.3 Análise de causas raízes

Por meio da análise dos resultados obtidos anteriormente, foi constatado que os principais desperdícios eram provenientes das etapas produtivas. Desse modo, o passo seguinte foi a aplicação de métodos integrados para a identificação das causas das falhas. Primeiramente, utilizou-se a árvore de decisão para que fossem pontuados os principais defeitos encontrados nas peças e, posteriormente, foi realizada a análise de causas raízes, baseado no diagrama de Ishikawa. A Figura 12 apresenta a análise do processo de Vigas Soldadas.

Figura 12 - Análise de causas raízes dos defeitos em Vigas Soldadas



Fonte: Elaborada pelos autores.

Pode-se observar que as falhas são provenientes de diferentes causas e que cada uma gera um defeito diferente na peça produzida. Diante desse fato, foram propostas ações de adequação e melhoria focadas em atuar sobre as causas raízes dos defeitos, visando a redução de suas ocorrências.

4.2.4 Plano de ação

Com a aplicação do 5W2H (APÊNDICE B) para a elaboração do plano de ação, foi possível traçar ações específicas para cada causa raiz identificada anteriormente, além da identificar como cada ação foi realizada, focando na melhoria dos processos. O Quadro 5 apresenta as ações implementadas.

Quadro 5 - Ações executadas durante o período de estudo

(continua)

Problema	Causa	Ação (O quê?)
Desalinhamento e parada de solda	Posicionamento incorreto das chapas	Realizar treinamento com operadores sobre maneira correta de posicionar chapas na mesa de solda.
	Verificação do alinhamento das chapas	Realizar alinhamento com operadores para que utilizem o instrumento de medição (esquadro).
	Chapas empenadas	Realizar desempenho das chapas empenadas antes do corte na Calandra.
	Bico de solda desregulado	Ajustar bico de solda da máquina.
Deposição insuficiente	Método de corte inadequado	Pesquisar por novos métodos de soldagem.
	Bico de solda desregulado	Ajustar bico de solda da máquina.

(conclusão)

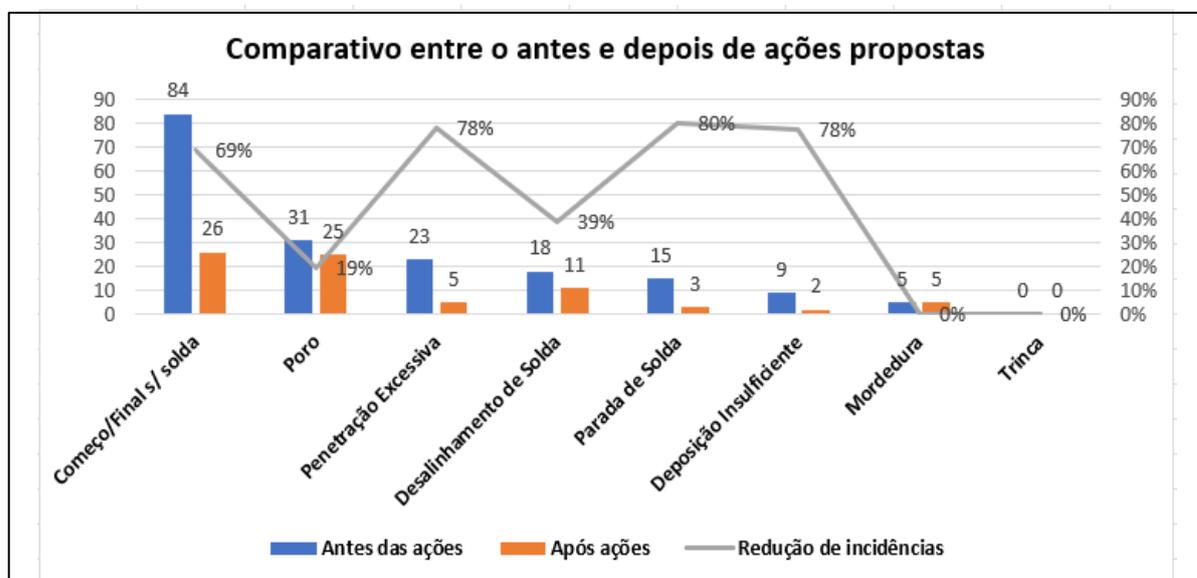
Problema	Causa	Ação (O quê?)
Deposição insuficiente	Posicionamento incorreto das chapas	Realizar treinamento com operadores sobre maneira correta de posicionar chapas na mesa de solda.
	Consumível inapropriado	Analisar as especificações de funcionamento para cada máquina e o consumível recomendado para aplicação
		Elaborar material com relação de tipo de corte X consumível correto a ser aplicado
Começo/Final sem solda	Posicionamento incorreto das chapas	Realizar treinamento com operadores sobre maneira correta de posicionar chapas na mesa de solda.
	Bico de solda desregulado	Ajustar bico de solda da máquina
	Falha de verificação dimensional	Realizar alinhamento com operadores para que utilizem os instrumentos de medição
		Incluir lembrete visual da necessidade de realizar a medição
Poros	Posicionamento incorreto das chapas	Realizar treinamento com operadores sobre maneira correta de posicionar chapas na mesa de solda.
Trinca	Posicionamento incorreto das chapas	Realizar treinamento com operadores sobre maneira correta de posicionar chapas na mesa de solda.
	Material de classificação inapropriada para este processo	Realizar levantamento do material correto a ser utilizado

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2.5 Implementação das ações e análise das melhorias obtidas

Com a implementação das ações traçadas, em apenas um mês de acompanhamento, foi verificada redução significativa do número de incidências conforme apresentado no Gráfico 2. Destaca-se a redução nos casos de parada de solda, penetração excessiva e deposição insuficiente, o que confirma a efetividade da ação de regulagem do bico de solda e a necessidade de incorporar essa prática no programa de manutenção da empresa, além da importância de realizar treinamentos periódicos com a equipe. Os casos de começo e fim sem solda, desalinhamento de solda e poros, obtiveram, respectivamente, redução de 69%, 39% e 19%, todos compartilhando da solução de calibragem do bico de solda da máquina, além de confirmarem a necessidade em definir um método padrão de posicionamento de chapas e de soldagem para cada processo de formação de vigas.

Gráfico 2 - Comparativo entre o antes e depois de ações propostas



Fonte: Elaborada pelos autores.

4.2.6 Propostas de melhorias futuras

A partir da realização das etapas anteriores, identificou-se a oportunidade de propor ações futuras, a serem implementadas a longo prazo, visando otimizar o processo produtivo de Vigas Soldadas e reduzir ainda mais o número de ocorrências das falhas que geram desperdício.

O Quadro 6 apresenta as ações recomendadas para cada problema identificado e suas causas. As sugestões de como elas podem ser implementadas na rotina da empresa encontram-se no APÊNDICE C. Recomenda-se que cada setor responsável realize o desdobramento dessas ações, incluindo as datas previstas e os responsáveis, de modo a possibilitar melhor gestão, monitoramento e controle das ações.

Quadro 6 - Ações de Melhorias futuras propostas

(continua)

Problema	Causa	Ação (O quê?)
Desalinhamento e parada de solda	Posicionamento incorreto das chapas	Projetar um molde que permita posicionamento correto e fixação das chapas na mesa de solda
	Chapas empenadas	Pesquisar novas tecnologias que atuem na prevenção do empenamento de chapas
Deposição insuficiente	Quantidade de consumíveis insuficiente	Realizar análise de especificações técnicas para estabelecer a quantidade de consumível adequada.
	Método de corte inadequado	Realizar testes em corpos de prova
Penetração excessiva e Mordedura	Posicionamento incorreto das chapas	Projetar um molde que permita posicionamento correto e fixação das chapas na mesa de solda
	Espessura do material	Realizar estudo para definir espessura máxima suportada pelas técnicas de soldagem

(conclusão)

Problema	Causa	Ação (O quê?)
Começo/Final sem solda	Posicionamento incorreto das chapas	Projetar um molde que permita posicionamento correto e fixação das chapas na mesa de solda
Poros	Posicionamento incorreto das chapas	Projetar um molde que permita posicionamento correto e fixação das chapas na mesa de solda
	Quantidade de consumíveis inapropriado	Realizar análise de especificações técnicas para estabelecer a quantidade de consumível adequada.
	Consumível de qualidade ruim	Buscar por novos fornecedores de consumíveis
Trinca	Material de baixa qualidade	Buscar por novos fornecedores de consumíveis

Fonte: Elaborada pelos autores.

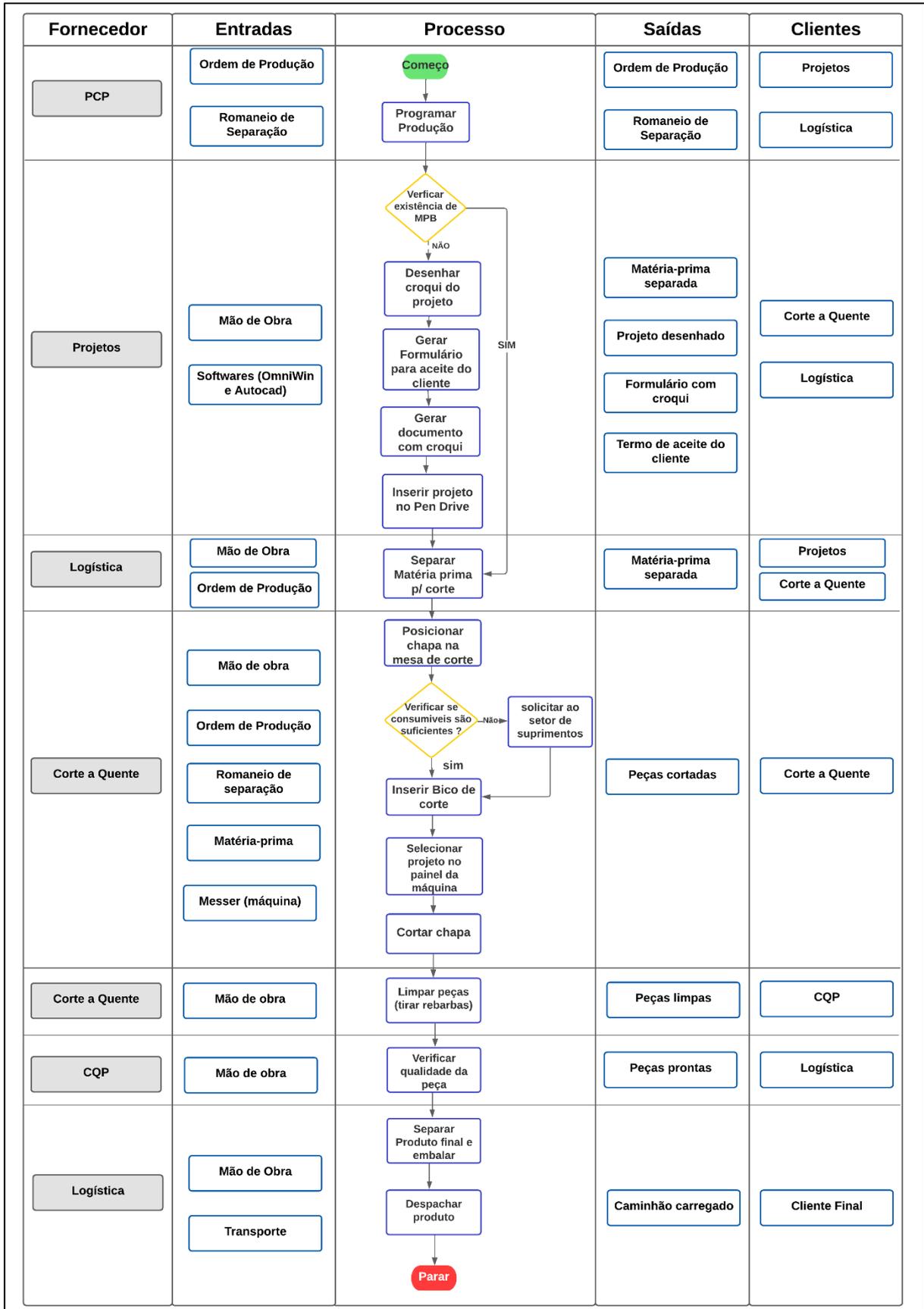
Na máquina de Vigas Soldadas são utilizados os processos de soldagem por arco elétrico ou eletrodos revestidos. Visando aumentar as possibilidades de processamento e atualizar o método de soldagem, sugere-se a substituição desses processos por solda por TIG, visto que o mesmo utiliza a proteção da poça de fusão (nuvem de gás inerte) e o arco elétrico contra a contaminação atmosférica, o que poderia reduzir defeitos como poros e trincas, sendo viável financeiramente de acordo com orçamentos já realizados pela empresa.

4.3 CORTE A QUENTE

4.3.1 Mapeamento e caracterização de processos

Para o processo de corte quente, obteve-se a matriz SIPOC representada na Figura 13.

Figura 13 - Matriz SIPOC do processo de Corte a Quente

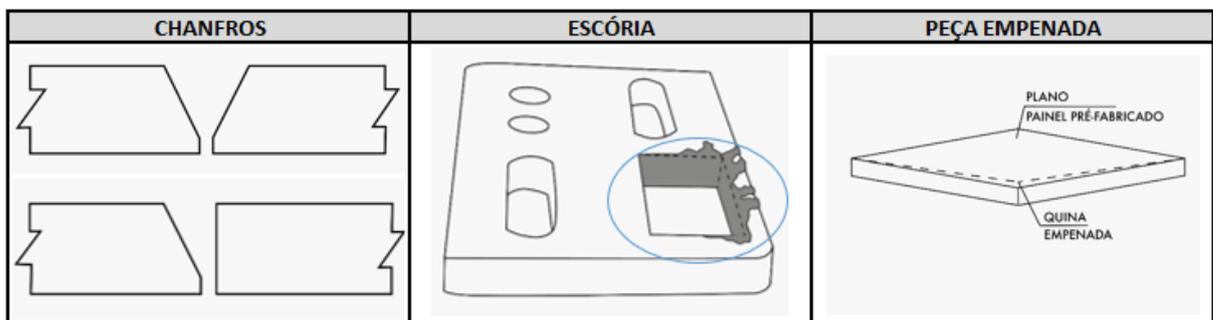


Fonte: Elaborada pelos autores.

Nesse processo foram identificados quatro defeitos diferentes, sendo eles: peças fora de tolerância, número de peças cortadas superior ao demandado por projeto, peças com escória, peças empenadas e peças chanfradas.

Os defeitos em peças fora de tolerância, empenadas e chanfradas, referem-se a erros dimensionais. Cada empresa estabelece a norma que será seguida para definir suas tolerâncias, de forma a atender os requisitos de seu Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), no caso da empresa em estudo utiliza-se a ABNT NBR 14432. Enquanto as peças com escória ou simplesmente peças com rebarbas são projeções indesejáveis de material além da aresta da peça devido à deformação plástica durante a usinagem (OLVERA; BARROW, 1996). A Figura 14 apresenta um diagrama esquemático que ilustra alguns desses defeitos para fins de melhor compreensão.

Figura 14 - Tipos de defeitos encontrados em peças cortadas a quente



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3.2 Diagrama de Pareto - Corte a Quente

No período entre 06 de agosto e 20 de setembro de 2021, foi realizada a coleta de dados quantitativos referentes ao número de ocorrências de cada falha, por meio da aplicação de formulário. Com base nos dados coletados (Quadro 7), construiu-se o Diagrama de Pareto (Gráfico 3), para posterior comparação após a implementação das ações.

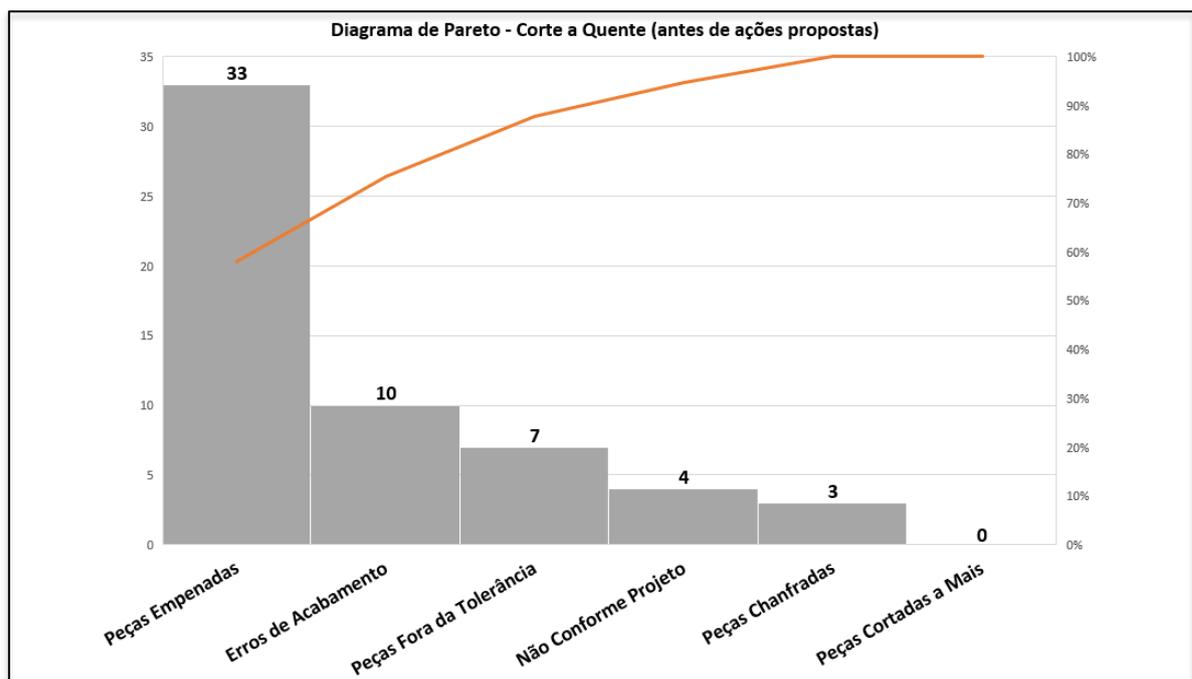
Quadro 7 - Somatório de peças defeituosas advindas do processo de Corte a Quente antes de ações propostas

DEFEITOS	QUANTIDADE
Peças com escória	1482
Peças Empenadas	33
Erros de acabamento	10
Peças fora de tolerância	7
Não conforme projeto	4
Peças chanfradas	3
Peças cortadas a mais	0
Total	1539

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com a coleta de dados, evidenciou-se que a reincidência de peças com escória foi muito superior às demais no mesmo período estudado. Esse defeito não foi incluído no Diagrama de Pareto, visto que as soluções demandavam um alto investimento, o que não constituía o propósito do trabalho, cujo foco era melhorias nos processos.

Gráfico 3 - Diagrama de Pareto - Corte a Quente antes de ações propostas



Fonte: Elaborado pelos autores.

Com base em informações de estudos antigos realizados na empresa, o problema das peças com escória foi advindo das condições estruturais e mecânicas da máquina que realiza o corte. A Figura 15 apresenta as condições na qual a máquina Messer Multitherm se encontra, evidenciando falta de manutenção nas grades da mesa de corte e abastecimento insuficiente de água que evitam os respingos de aço na peça durante o corte, principal causa das rebarbas. Além disso, foi observado falta de regulagem no bico de corte e de adequação do programa da máquina para determinados tipos de corte.

Figura 15 - Mesa de corte da máquina Messer Multitherm, com evidenciação do estado de suas grades e do abastecimento de água



Fonte: Registrada pelos autores.

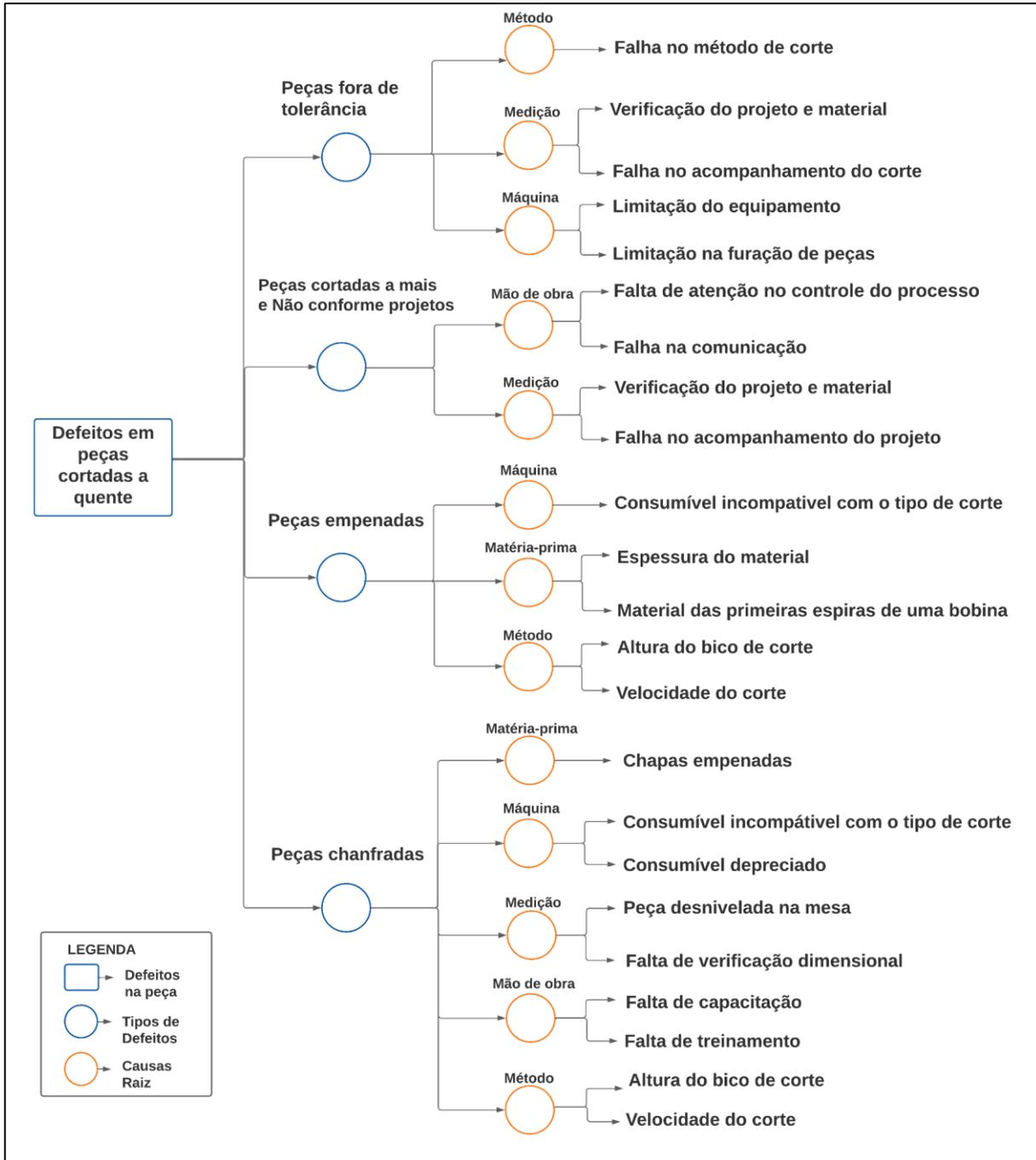
As peças empenadas foram o grupo de defeitos com maior incidência dentre os considerados, provavelmente devido à falta de conhecimento técnico, de conhecimento acerca das especificações de operação da máquina por parte dos colaboradores e de padronização de espessuras de chapa ideal para realização desse tipo de corte. O grupo dos erros de acabamento e de peças fora de tolerância vêm logo em seguida por prováveis inadequações no método de corte, seguido da inconformidade com o projeto e peças chanfradas, que podem ocorrer pela falta de atenção e verificação dimensional das chapas.

4.3.3 Análise de causas raízes

A Figura 16 apresenta o resultado obtido por meio da aplicação integrada entre a árvore de decisões e o diagrama de Ishikawa. O objetivo era identificar a origem dos

defeitos mapeados e quantificados nas etapas anteriores, para que fossem definidas recomendações de ações corretivas.

Figura 16 - Análise de causas raízes do processo de Corte a Quente



Fonte: Elaborada pelos autores.

4.3.4 Plano de ação - 5W2H

Com a aplicação do 5W2H para a elaboração do plano de ação (APÊNDICE D), foi possível traçar ações específicas para cada causa raiz, com prazos pré-estipulados, além da identificação de como cada ação foi feita, focando na melhoria dos processos (Quadro 8).

Quadro 8 - Ações executadas durante período de estudo

(continua)

Problema	Causa	Ação (O quê?)
Peças fora da tolerância	Método de corte inadequado	Pesquisar por novos métodos de corte
		Realizar testes em corpos de prova
	Verificação do projeto e material	Realizar alinhamento com Projetista e operadores
		Atualizar Instrução de Trabalho da máquina de Corte a Quente com passo a passo para operacionalização do projeto
	Falha no acompanhamento do corte	Realizar alinhamento com Projetista e operadores
	Limitação do equipamento	Pesquisar por maquinário mais moderno para realização do procedimento
Peças cortadas a mais e peças não conforme projeto	Falta de atenção no controle do processo	Realizar alinhamento com Projetista e operadores
		Atualizar Instrução de Trabalho da máquina de Corte a Quente com passo a passo para operacionalização do projeto
	Verificação do projeto e material	Realizar alinhamento com operadores

(conclusão)

Problema	Causa	Ação (O quê?)
Peças empenadas	Consumível incompatível com o tipo de corte	Analisar as especificações de funcionamento para cada máquina e o consumível recomendado para aplicação
		Elaborar material com relação de tipo de corte X consumível correto a ser aplicado
	Velocidade do corte	Elaborar e disponibilizar material com velocidades de corte ideal para cada espessura de material aos operadores
Peças chanfradas	Chapas empenadas	Realizar desempenho das chapas empenadas antes do corte na Calandra
	Consumível incompatível com o tipo de corte	Analisar as especificações de funcionamento para cada máquina e o consumível recomendado para aplicação
		Elaborar material com relação de tipo de corte X consumível correto a ser aplicado
	Peça desnivelada na mesa	Disponibilizar de níveis de bolha para a equipe da operação
	Falta de verificação dimensional	Realizar alinhamento com operadores para que utilizem os instrumentos de medição
Incluir lembrete visual da necessidade de realizar a medição		

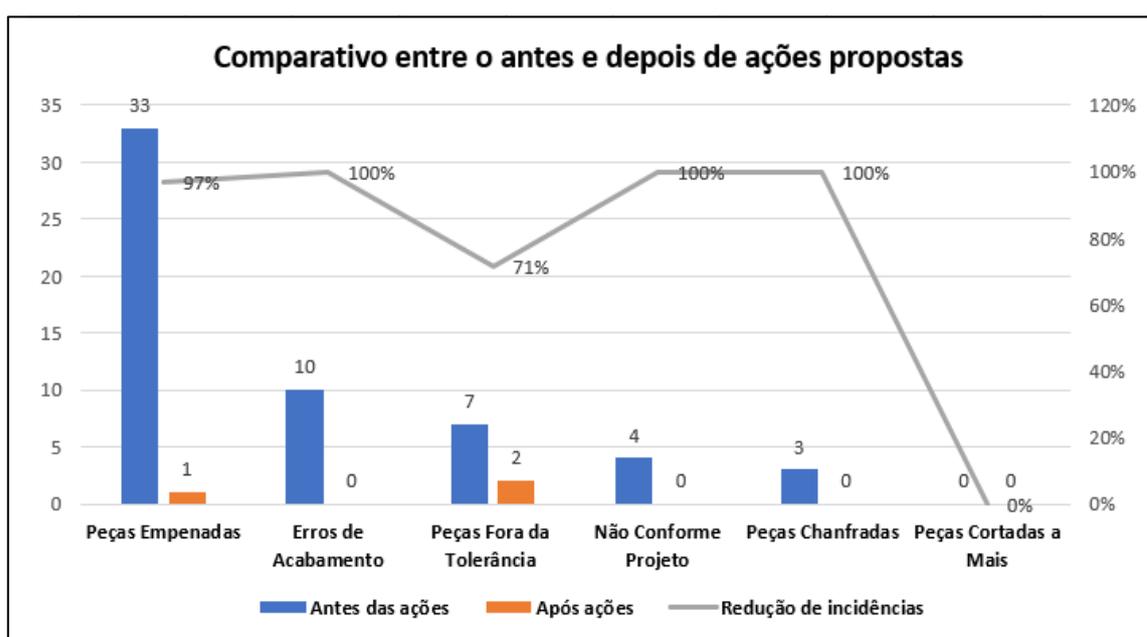
Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3.5 Implementação das ações e análise das melhorias obtidas

Com a aplicação das ações traçadas houve redução significativa na incidência de casos conforme observado na Gráfico 4. Um sucesso de 100% na redução dos casos de erro de acabamento, inconformidades com o projeto e peças chanfradas, confirmando com apenas um mês de monitoramento, que as ações de alinhamento e treinamento com a equipe foram essenciais, destacando a necessidade de

implementação de um programa de treinamentos na empresa. O defeito de peças empenadas também obteve uma redução muito significativa, evidenciando que o conhecimento técnico sobre a máquina e a matéria prima para este tipo de corte precisava ser difundido no chão de fábrica. Durante o período de monitoramento surgiu um novo grupo de defeitos, o de peças perdidas por caírem da mesa de corte, que pode estar relacionado ao estado de conservação das grades da mesa de corte da máquina, não permitindo o corte de peças com dimensões menores.

Gráfico 4 - Comparativo entre o antes e depois de ações propostas



Fonte: Elaborada pelos autores.

A resolução do problema de peças com escória demandaria a realização de manutenção nas grades da mesa de corte ou até mesmo a troca de toda a mesa de corte por uma nova, o que seria inviável para a realidade da empresa. Ademais, demandaria também a atualização do código da máquina, o que não seria possível devido à ausência de mão de obra especializada.

4.3.6 Propostas de melhorias futuras

Tendo em vista a necessidade de evolução contínua do processo produtivo e, dada a recorrência de algumas causas raízes, foram propostas ações de melhorias (Quadro 9) a serem implementadas em um segundo momento. Isso se deve ao fato dessas

ações possuírem um caráter educativo e de reestruturação de processos e, portanto, terem seus efeitos percebidos em médio e longo prazos. O APÊNDICE E apresenta o plano de ação sugerido, com ações e como cada uma pode ser implementada.

Quadro 9 - Ações de melhorias futuras propostas

(continua)

Problema	Causa	Ação (O quê?)
Peças fora da tolerância	Verificação do projeto e material	Construir Checklist do procedimento
	Falha no acompanhamento do corte	Adotar relatório de observação do corte
		Adotar métodos de advertência ao operador
	Limitação na furação das peças	Criar molde para realização de furos
Peças cortadas a mais e Peças não conforme projeto	Falta de atenção no controle do processo	Construir Checklist do procedimento
	Falha na comunicação	Implantação de sistema de comunicação em tempo real
	Falha no acompanhamento do projeto	Implantação do sistema Wireless para envio de projetos a máquina
		Implantar caixa de confirmação antes de iniciar corte

(conclusão)

Problema	Causa	Ação (O quê?)
Peças empenadas	Espessura do material	Realizar estudo para definir espessura máxima suportada pela máquina
	Material das primeiras espiras de uma bobina	Criar rotina da não utilização das primeiras espiras de uma bobina neste procedimento
	Altura do bico de corte	Realizar treinamento com operadores sobre o manuseio correto da máquina
		Ajustar configurações da máquina
	Chapas empenadas	Pesquisar novas tecnologias para prevenção do empenamento de chapas
Peças chanfradas	Consumível depreciado	Estabelecer os padrões de qualidade ideal dos consumíveis
		Realizar levantamento dos consumíveis disponíveis
		Buscar por novos fornecedores de consumíveis
	Altura do bico de corte	Realizar treinamento com operadores sobre o manuseio correto da máquina
		Ajustar configurações da máquina
	Velocidade do corte	Elaborar material com velocidades de corte ideal para cada espessura de material
Problema geral	Falta de capacitação	Ministrar treinamento aos operadores

Fonte: Elaborado pelos autores.

O processo de Corte a Quente, realizado atualmente pela máquina Messer Multitherm, propicia o ajuste das dimensões das chapas utilizadas na montagem de Vigas Soldadas. O ideal seria a utilização da máquina Serra Fita, que a empresa não possui e, como a compra seria inviável, uma solução proposta pelo próprio manual da

máquina de corte Messer Multitherm, é a revisão do método de posicionamento da chapa para corte, realizando a soldagem das extremidades da chapa na mesa de corte, fixando a chapa de forma a não haver erros dimensionais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, a partir da aplicação do método de análise e resolução de problemas (MASP), foi possível a identificação de falhas no processo produtivo, que causavam defeitos nos produtos e desperdícios. Uma vez identificadas as causas raízes dessas falhas, foram propostos e implantados planos de ação de melhorias, a fim de promover redução dos desperdícios mapeados.

Como resultados dos planos de ação implementados, observou-se redução global de, aproximadamente, 95% e 59% na ocorrência de desperdícios no processo de Corte a Quente e de Vigas Soldadas, respectivamente. Desse modo, a adoção de práticas e ferramentas do MASP se prova como aliada ao aumento de eficiência dos processos na empresa estudada.

Os processos de montagem de Vigas Soldadas e de Corte a Quente são caracterizados como processos de *jobbing* (customizados) pela empresa e isso pode aumentar as possibilidades de desperdícios, porém, focando nos processos confirmou-se a possibilidade de reduzi-los.

No MASP é evidenciada ainda a importância de desenvolver pessoas. Na empresa estudada, somados aos prováveis benefícios financeiros que a redução de desperdícios trouxe, destacou-se a oportunidade de desenvolvimento de pessoas, uma vez que os alinhamentos e treinamentos com as equipes trouxeram resultados positivos na redução de inconformidades com o projeto de corte e em todos os defeitos do processo de soldagem, o que permite sugerir a criação de um programa de treinamentos na empresa. Apesar de não ser o foco deste trabalho, ações de inovação e automatização de processos foram propostas, havendo indícios de que sua implementação seja extremamente benéfica para a empresa.

O contexto de pandemia de COVID-19 limitou a realização do trabalho quanto às visitas à Sede da empresa. Além disso, o período de análise foi reduzido, impedindo que algumas análises e dados fossem monitorados por um período maior o que permitiria uma visão mais sólida a respeito das ações aplicadas e resultados obtidos.

Como o maquinário para a realização dos processos estudados exige alto investimento, a fim de atingir maiores desdobramentos e esclarecimentos, sugere-se o estudo de alternativas com melhor custo-benefício e/ou inovações do mercado. Outra sugestão de trabalho futuro é a pesquisa acerca da aplicação da metodologia *Lean Innovation Manufacturing* neste contexto, pois grande parte das causas de desperdícios partia do maquinário utilizado pela empresa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, F. **O método de melhorias PDCA**. 2003. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

ANDRADE, G. et al. Análise da aplicação conjunta das técnicas SIPOC, fluxograma e FTA em uma empresa de médio porte. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32., 2012, Bento Gonçalves. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2012_TN_WIC_157_920_20681.pdf>. Acesso em: 12 out. 2021.

ARCELORMITTAL. **ArcelorMittal aços planos América Latina – Brasil**: catálogo de produtos laminados. Disponível em: <<https://brasil.arcelormittal.com/pdf/produtos-solucoes/catalogos/catalogo-acos-planos.pdf?asCatalogo=pdf>>. Acesso em: 30 set. 2021.

BASTOS JÚNIOR, L. C. S. Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) apoiado no ciclo PDCA: um estudo bibliográfico. **Revista Brasileira de Administração Científica**, v. 7, n. 1, p. 6-13, 2016.

BATISTA, V. **Construção civil refaz estimativas e volta a prever crescimento de 4% em 2021**. Texto disponibilizado em 26 jul. 2021. Disponível em: <<https://www.correiobraziliense.com.br/economia/2021/07/4939805-construcao-civil-refaz-estimativas-e-volta-a-prever-crescimento-de-4--em-2021.html>>. Acesso em: 02 set. 2021.

BEZERRA, F. **Ciclo PDCA**: do conceito à aplicação. Texto disponibilizado em 24 ago. 2014. Disponível em: <<https://www.portal-administracao.com/2014/08/ciclo-pdca-conceito-e-aplicacao.html>>. Acesso em: 26 set. 2021.

CAMPOS, V. **TQC**: Controle de Qualidade Total (no estilo japonês). 6 ed. Belo Horizonte: Bloch Editora, 1992.

CANTIDIO, S. **Reduzir os desperdícios para melhorar a produtividade**. Texto disponibilizado em 13 mai. 2009. Disponível em: <<https://administradores.com.br/artigos/reduzir-os-desperdicios-para-melhorar-a-produtividade>>. Acesso em: 16 ago. 2021.

CARNEIRO, V. T. S. et al. Aplicação da ferramenta MASP para redução de custos de demurrage de frete de importação: Estudo de caso em uma indústria farmacêutica. In: VII SEPRONE, 7., 2012. Mossoró, RN. **Anais [...]**. Mossoró, RN, 26 a 29 de Junho de 2012.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**: uma visão abrangente da moderna administração das organizações. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

COUTINHO, T. **O que é o ciclo PDCA?** Entenda como funciona cada etapa. Texto disponibilizado em 23 jun. 2017. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/o-que-e-o-ciclo-pdca>>. Acesso em: 26 set. 2021.

CHAVES, J. B. P. **Controle de qualidade na indústria de alimentos**. Viçosa: Departamento de Tecnologia de Alimentos (UFV), 1980.

FALCONI, V. **TQC: controle da qualidade total** (no estilo japonês). 8. ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2014.

FELÍCIO, E. **Estudo da implementação do conceito da produção enxuta para a redução de resíduos em uma manufatura do ramo siderúrgico**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

FERREIRA, M. **Corte a plasma: avaliação do efeito da variação dos parâmetros no processo e na qualidade do corte**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais) - Departamento de Engenharia de Materiais, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

FURUKITA, A. **Aplicação do ciclo PDCA para redução do desperdício de embalagens de papelão: estudo de caso em uma indústria alimentícia**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

FREITAS, F. V. M. **Estudo sobre a aplicação da metodologia MASP em uma empresa transformadora de termoplásticos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Produção ênfase Plástico) - Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, São Paulo, 2009.

GANDRA, A. **Produção de aço bruto do Brasil cresce 24% no primeiro semestre**. Texto disponibilizado em 22 jul. 2021. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2021-07/producao-de-aco-bruto-do-brasil-cresce-24-no-primeiro-semester>>. Acesso em: 02 set. 2021.

GIL, A. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Brazil Steel Databook Anuário Estatístico 2021**. Disponível em: <https://acobrasil.org.br/site/wp-content/uploads/2021/07/Anuario_Completo_2021.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2021.

LIMA, E. Corte a plasma. 9. ed. **Revista de Soldagem**. 2008.

LOBO, R.; LOSS, M. Utilização das ferramentas MASP para aumento de produtividade de máquina de corte e dobra. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 14, n. 2, p. 95-107, 2019.

LUCA, R. **Descontinuidades na soldagem**. Texto disponibilizado em 24 mai. 2014. Disponível em: < <https://infosolda.com.br/wp-content/uploads/Downloads/Artigos/metal/Descontinuidadesnasoldagem.pdf> >. Acesso em: 19 fev. 2022.

MACHADO, I. **Soldagem e técnicas conexas**: processo. Porto Alegre: editado pelo autor, 1996.

MARSHALL JUNIOR., I. **Gestão da Qualidade**. 8. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

MILESKI JUNIOR, A. **Processos produtivos**. Disponível em: <<http://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/1338/Processos%20Produtivos%202013%20ISBN.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 14 mar. 2022.

MONDEN, Y. **Toyota production system**: an integrated approach to just-in-time. 4. ed. Nova Iorque: CRC Press, 2011.

MODENESI, P. **Classificação e utilização de processos de soldagem**. Disponível em: <www.infosolda.com.br>. Acesso em: 30 set. 2021.

NEMCHINSKY, V.; SEVERANCE, S. What we know and what we do not know about plasma arc cutting. **Journal of Physics**, v. 39, n. 22, p. 423-438, 2006.

OLVERA, O.; BARROW, G., 1996. An experimental study of burr formation in square. **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, v. 36, p. 1005-1020, 1996.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PANNONI, F. Aços estruturais. **Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM**, v. 7, p. 22, 2001.

PEPPES, A.; OVANESSOF, A. **O que as empresas precisam fazer para retomar o aumento da produtividade do Brasil**. Accenture – Institute for High Performance. Texto disponibilizado em fev. 2016. Disponível em: <https://www.accenture.com/t20160218T043309__w__usen/_acnmedia/PDF8/Accenture-Produtividade-Brasil-Brochura.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2021.

PEIXOTO, A. **Estudo da Microestrutura de Soldas AlMg – 5083 depositado pelo Processo MIG Pulsado**. Relatório Técnico Científico – Projeto: Soldagem MIG do Alumínio em Corrente Pulsada. Universidade Federal do Pará – UFPA. Belém, PA. 2012.

PORTER, M. E. **Competição**: estratégias competitivas essenciais. Rio de Janeiro: Elsevier, 1999.

RAGSDALE, C. **Spreadsheet modeling and decision analysis: a practical introduction to management science**. 3. ed, Cincinnati: South-Western College Pub, 2001.

REIS, H. L.; FIGUEIREDO, K. F. A redução de desperdícios na indústria. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 39-49, abr./jun. 1995.

SALVADORI, T. **Nova abordagem no método de análise e solução de problemas (MASP)**. 2021. 92f. Dissertação (Mestrado em Produção) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica e Universidade Federal de São Paulo, São José dos Campos.

SANTOS, J. et al. Integração entre dados quantitativos e qualitativos em uma pesquisa de métodos mistos. **Enferm**, 2017.

SILVA, E. et al. **Trincas: causas e métodos de prevenção em aços estruturais soldados**. Texto disponibilizado em: dez. 2012. Disponível em: <<https://infosolda.com.br/wp-content/uploads/Downloads/Artigos/metall/trincas-causas-e-metodos-de-prevencao-em-acos-estruturais-soldados.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2022.

SCOTTI, A.; PONOMAREV, V. **Soldagem MIG/MAG**. São Paulo: Artliber Editora, 2008.

STAMATIS, D.H. **Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution**. 2. ed, Milwaukee: ASQ Quality Press, 2003.

TREVISAN, R.; MAIA, I. **Análise da porosidade em juntas soldadas pelo processo MIG/MAG Robotizado**. Texto disponibilizado em 2007. Disponível em: <<http://www.grima.ufsc.br/cobef4/files/021029281.pdf>>. Acesso em: 19 fev 2022.

TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. 2 ed. São Paulo, Atlas, 2009.

WERKEMA, M. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Editora de desenvolvimento gerencial, 1995.

WERKEMA, M. **As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos**. v. 1. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman; 2001.

APÊNDICE A – FORMULÁRIO DE LEVANTAMENTO DE DADOS E CONTROLE DE PERDAS

FORMULÁRIO DE LEVANTAMENTO DE DADOS E CONTROLE DE PERDAS

DATA	PEDIDO	SEQUÊNCIA	MÁQUINA	NOME	CÓDIGO DO DEFEITO	QUANTIDADE PRODUZIDA (uni)	QUANTIDADE COM DEFEITO (uni)	REPARO (h)		OBSERVAÇÕES (Causas do defeito ou aprovação da peça após reparo)
								INICIO:	CE:	
								FIM:		
								INICIO:	CE:	
								FIM:		
								INICIO:	CE:	
								FIM:		
								INICIO:	CE:	
								FIM:		
								INICIO:	CE:	
								FIM:		

APÊNDICE B – PLANO DE AÇÃO 5W2H PROCESSO DE VIGAS SOLDADAS

(continua)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Desalinhamento e parada de solda	Posicionament o incorreto das chapas	Realizar treinamento com operadores sobre maneira correta de posicionar chapas na mesa de solda.	Setor de Vigas Soldadas	Setor de CQP	11/10/2021	11/10/2021	Pelo fato de os operadores não seguirem um padrão de posicionamento das chapas.	Por meio da realização de treinamentos sobre o procedimento.	N/A
	Verificação do alinhamento das chapas	Realizar alinhamento com operadores para que utilizem o instrumento de medição (esquadro)	Setor de Corte a Quente	Setor de CQP	18/10/2021	18/10/2021	Muitas vezes esse processo é negligenciado por isso a iniciativa visa promover uma conscientização da importância aos operadores.	Realizar workshop com os operários com a temática, ressaltando a importância e o método de uso dos instrumentos	N/A
	Chapas empenadas	Realizar desempenho das chapas empenadas antes do corte na Calandra	Setor de Vigas soldadas	Operador es	Contínuo	Contínuo	Para desempenar chapas.	Passar a chapa empenada na Calandra.	N/A
	Bico de solda desregulado	Ajustar bico de solda da máquina	Setor de Vigas soldadas	Setor de Manutenç ão	27/09/2021	29/09/2021	Para a regulagem do bico de solda.	Por meio de ajustes e calibração do bico de solda.	N/A

(continuação)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Deposição insuficiente	Método de corte inadequado	Pesquisar por novos métodos de soldagem	Setor de CQP	Setor de CQP	11/10/2021	22/10/2021	Por haver oportunidades de melhorias no método atual.	Por meio de pesquisas Web e manuais de máquinas de corte.	N/A
	Bico de solda desregulado	Ajustar bico de solda da máquina	Setor de Vigas soldadas	Setor de Manutenção	27/09/2021	29/09/2021	Para a regulagem do bico de solda.	Por meio de ajustes e calibração do bico de solda.	N/A
	Posicionamento incorreto das chapas	Realizar treinamento com operadores sobre maneira correta de posicionar chapas na mesa de solda.	Setor de Vigas soldadas	Setor de CQP	11/10/2021	11/10/2021	Pelo fato dos operadores não seguirem um padrão de posicionamento das chapas.	Por meio da realização de treinamentos sobre o procedimento.	N/A
	Consumível inapropriado	Analisar as especificações de funcionamento para cada máquina e o consumível recomendado para aplicação	Setor de Vigas soldadas	Setor de CQP	28/09/2021	01/10/2021	Para analisar o consumível mais adequado para cada tipo de corte, e evitar que fossem aplicados consumíveis errôneos que prejudicassem o funcionamento.	Pesquisar as especificações técnicas de cada máquina de corte junto a manuais e fornecedores.	N/A

(continuação)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Deposição insuficiente	Consumível inapropriado	Elaborar material com relação de tipo de corte X consumível correto a ser aplicado	Setor de Vigas soldadas	Setor de CQP	04/10/2021	08/10/2021	Porque deve ser definido e exposto a relação correta de forma clara e acessível para todos os operadores de máquinas de corte, a fim de coibir novos erros.	Elaborar tabela de relação de tipo de corte X consumível adequado e expor em local visível aos operadores.	N/A
Começo/Final sem solda	Posicionamento incorreto das chapas	Realizar treinamento com operadores sobre maneira correta de posicionar chapas na mesa de solda.	Setor de Vigas soldadas	Setor de CQP	11/10/2021	11/10/2021	Pelo fato dos operadores não seguirem um padrão de posicionamento das chapas.	Por meio da realização de treinamentos sobre o procedimento.	N/A
	Bico de solda desregulado	Ajustar bico de solda da máquina	Setor de Vigas soldadas	Setor de Manutenção	27/09/2021	29/09/2021	Para a regulagem do bico de solda.	Por meio de ajustes e calibração do bico de solda.	

(continuação)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Começo/Final sem solda	Falha de verificação dimensional	Realizar alinhamento com operadores para que utilizem os instrumentos de medição	Setor de Vigas soldadas	Setor de CQP	18/10/2021	18/10/2021	Muitas vezes esse processo é negligenciado pelos operadores por isso a iniciativa visa educar os operadores a respeito da necessidade.	Realizar workshop com os operários com a temática, ressaltando a importância e o método de uso dos instrumentos	N/A
		Incluir lembrete visual da necessidade de realizar a medição	Setor de Vigas soldadas	Setor de CQP	19/10/2021	22/10/2021	Em algumas ocasiões foi notado que os operadores esquecem ou desconhecem a prática adequada por isso a adoção de lembretes visuais no posto de trabalho visa estimular essa prática.	Elaborar cartaz informativo a respeito da instrução e dispor em locais estratégicos e n campo de visão dos operadores	N/A

(conclusão)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Poró	Posicionamento incorreto das chapas	Realizar treinamento com operadores sobre maneira correta de posicionar chapas na mesa de solda.	Setor de Vigas soldadas	Setor de CQP	11/10/2021	11/10/2021	Pelo fato dos operadores não seguirem um padrão de posicionamento das chapas.	Por meio da realização de treinamentos sobre o procedimento.	N/A
Trinca	Posicionamento incorreto das chapas	Realizar treinamento com operadores sobre maneira correta de posicionar chapas na mesa de solda.	Setor de Vigas soldadas	Setor de CQP	11/10/2021	11/10/2021	Pelo fato dos operadores não seguirem um padrão de posicionamento das chapas.	Por meio da realização de treinamentos sobre o procedimento.	N/A
	Material de classificação inapropriada para este processo	Realizar levantamento do material correto a ser utilizado	Setor de Suprimentos	Setor de Suprimentos	30/09/2021	14/10/2021	Para evitar o uso de materiais inadequados que provoquem a trinca das vigas.	Por meio da avaliação das especificações de projeto e parâmetros de operação das máquinas e materiais	N/A

APÊNDICE C – PLANO DE AÇÃO DE RECOMENDAÇÕES FUTURAS - VIGAS SOLDADAS

(continua)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Desalinhamento e parada de solda	Posicionamento incorreto das chapas	Projetar um molde que permita posicionamento correto e fixação das chapas na mesa de solda	Setor de Vigas Soldadas	Setor de Projetos	-	-	A iniciativa visa evitar a ocorrência de erros no posicionamento das chapas. Com o molde, o processo será facilitado e as chances da chapa mover de lugar na mesa também serão reduzidas	Por meio de desenho e fabricação de moldes de acordo com os produtos a serem produzidos e disponibilização dos mesmos nos postos de trabalho	-
	Chapas empenadas	Pesquisar novas tecnologias que atuem na prevenção do empenamento de chapas	Setor de Vigas soldadas	Setor de CQP	-	-	Encontrar alternativas que previnem ou reduzem a ocorrência de empenamentos de chapas se faz necessário e é por vezes complexo.	Por meio de Benchmarking com indústrias do ramo e pesquisas web.	-
Deposição insuficiente	Quantidade de consumíveis insuficiente	Realizar análise de especificações técnicas para estabelecer a quantidade de consumível adequada.	Setor de Vigas soldadas	Setor de CQP	-	-	porque é comum que a deposição de consumível seja insuficiente devido ao desconhecimento dos padrões adequados de quantidade de consumível ou negligência da quantidade por parte do operador	Buscar as especificações em manuais de operação das máquinas e divulgá-los de maneira clara e visual aos operadores	-
	Método de corte inadequado	Realizar testes em corpos de prova	Setor de Vigas soldadas	Operadores	-	-	Para testar os métodos pesquisados e verificar sua efetividade.	Aplicando os métodos encontrados na máquina de Vigas soldadas, utilizando corpos de prova.	-

(continuação)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Penetração excessiva e Mordedura	Posicionamento incorreto das chapas	Projetar um molde que permita posicionamento correto e fixação das chapas na mesa de solda	Setor de Vigas soldadas	Setor de Projetos	-	-	A iniciativa visa evitar a ocorrência de erros no posicionamento das chapas. Com o molde, o processo será facilitado e as chances da chapa mover de lugar na mesa também serão reduzidas	Por meio de desenho e fabricação de moldes de acordo com os produtos a serem produzidos e disponibilização deles nos postos de trabalho	-
	Espessura do material	Realizar estudo para definir espessura máxima suportada pelas técnicas de soldagem	Setor de Vigas soldadas	Setor de CQP	-	-	Porque cada máquina possui uma referência preestabelecida da espessura da peça de aço que ela suporta, o que torna necessário tomar conhecimento e manter o registro dessa informação.	Por meio de pesquisas sobre as especificações técnicas de cada técnica de soldagem junto a manuais e fornecedores.	-
Começo/Final sem solda	Posicionamento incorreto das chapas	Projetar um molde que permita posicionamento correto e fixação das chapas na mesa de solda	Setor de Vigas soldadas	Setor de Projetos	-	-	A iniciativa visa evitar a ocorrência de erros no posicionamento das chapas. Com o molde, o processo será facilitado e as chances da chapa mover de lugar na mesa também serão reduzidas	Por meio de desenho e fabricação de moldes de acordo com os produtos a serem produzidos e disponibilização dos mesmos nos postos de trabalho	-

(conclusão)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Poro	Posicionamento incorreto das chapas	Projetar um molde que permita posicionamento correto e fixação das chapas na mesa de solda	Setor de Vigas soldadas	Setor de Projetos	-	-	A iniciativa visa evitar a ocorrência de erros no posicionamento das chapas. Com o molde, o processo será facilitado e as chances da chapa mover de lugar na mesa também serão reduzidas	Por meio de desenho e fabricação de moldes de acordo com os produtos a serem produzidos e disponibilização deles nos postos de trabalho.	-
	Quantidade de consumíveis inapropriado	Realizar análise de especificações técnicas para estabelecer a quantidade de consumível adequada.	Setor de Vigas soldadas	Setor de CQP	-	-	Porque foi observado a inexistência de padrões preestabelecidos da quantidade ideal necessária de consumível para a bem execução do processo.	Através do estudo das especificações ideais dos consumíveis em manuais de instrução.	-
	Consumível de qualidade ruim	Buscar por novos fornecedores de consumíveis	Setor de Suprimentos	Setor de Suprimentos	-	-	Alguns dos consumíveis encontrados podem ser de qualidade inferior, por isso a busca por novos fornecedores que entreguem produtos com maior qualidade e durabilidade.	Por meio de buscas em sites especializados e benchmarking com outras grandes indústrias do setor.	-
Trinca	Material de baixa qualidade	Buscar por novos fornecedores de consumíveis	Setor de Suprimentos	Setor de Suprimentos	-	-	Alguns dos consumíveis encontrados podem ser de qualidade inferior, por isso a busca por novos fornecedores que entreguem produtos com maior qualidade e durabilidade.	Por meio de buscas em sites especializados e benchmarking com outras grandes indústrias do setor.	-

APÊNDICE D – PLANO DE AÇÃO 5W2H PROCESSO DE CORTE A QUENTE

(continua)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Peças fora da tolerância	Método de corte inadequado	Pesquisar por novos métodos de corte	Setor de CQP	Setor de CQP	15/09/2021	17/09/2021	Porque foi identificado que, com a retirada da máquina Serra Fita, ocorreram diversos casos de peças fora de tolerância.	Por meio de pesquisas Web e manuais de máquinas de corte.	N/A
		Realizar testes em corpos de prova	Setor de Corte a Quente	Operadores	20/09/2021	22/09/2021	Para testar os métodos pesquisados e verificar sua efetividade.	Aplicando os métodos encontrados na máquina de Corte a Quente, utilizando corpos de prova.	R\$700
	Verificação do projeto e material	Realizar alinhamento com Projetista e operadores	Setor de Projetos e Corte a Quente	Coordenador de Produção	24/09/2021	24/09/2021	Porque foi identificado que os projetistas e operadores não estavam verificando as dimensões de todos os materiais, principalmente espessura, o que ocasionava erros na execução do projeto.	Realização de reunião com as partes envolvidas.	N/A

(continuação)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Peças fora da tolerância	Verificação do projeto e material	Atualizar Instrução de Trabalho da máquina de Corte a Quente com passo a passo para operação do projeto	Setor de CQP	Setor de CQP	23/08/2021	14/10/2021	Para que o processo de análise e verificação fosse executado pelos operadores e projetista de forma padronizada.	Realização de revisão e atualização no procedimento.	N/A
	Falha no acompanhamento do corte	Realizar alinhamento com Projetista e operadores	Setor de Projetos e Corte a Quente	Coordenador de Produção	04/10/2021	04/10/2021	Porque foi identificado que os operadores estavam abandonando a mesa de corte com a máquina em processamento.	Realização de reunião com as partes envolvidas.	N/A
	Limitação do equipamento	Pesquisar por maquinário mais moderno para realização do procedimento	Setor de Projetos e Corte a Quente	Coordenador de Produção	04/10/2021	08/10/2021	Por conta do equipamento estar ultrapassado para a realização de cortes mais complexos.	Por meio de Benchmarking com indústrias do ramo e pesquisas web.	N/A

(continuação)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Peças cortadas a mais e Peças não conforme projeto	Falta de atenção no controle do processo	Realizar alinhamento com Projetista e operadores	Setor de Projetos e Corte a Quente	Coordenador de Produção	24/09/2021	24/09/2021	Porque foi identificado que os projetistas e operadores não estavam verificando o quantitativo de peças requisitado corretamente, bem como estavam desatentos ao projeto elaborado.	Realização de reunião com as partes envolvidas abordando a temática e expondo o procedimento correto.	N/A
		Atualizar Instrução de Trabalho da máquina de Corte a Quente com passo a passo para operacionalização do projeto	Setor de CQP	Setor de CQP	23/08/2021	14/10/2021	Para que o processo de análise e verificação fosse executado pelos operadores e projetista de forma padronizada.	Realização de revisão, padronização e atualização no procedimento de execução.	N/A
	Verificação do projeto e material	Realizar alinhamento com operadores	Setor de Corte a Quente	Coordenador de Produção	04/10/2021	04/10/2021	Porque foi identificado que os operadores não estavam realizando a verificação do projeto antes de iniciar o corte.	Realização de reunião com operadores abordando a temática e expondo o procedimento correto.	N/A

(continuação)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Peças empenadas	Consumível incompatível com o tipo de corte	Analisar as especificações de funcionamento para cada máquina e o consumível recomendado para aplicação	Setor de Corte a Quente	Setor de CQP	13/09/2021	17/09/2021	A iniciativa visa analisar o consumível mais adequado para cada tipo de corte, e evitar que fossem aplicados consumíveis errôneos que prejudicassem o funcionamento.	Pesquisar as especificações técnicas de cada máquina de corte junto a manuais e fornecedores.	N/A
		Elaborar material com relação de tipo de corte X consumível correto a ser aplicado	Setor de Corte a Quente	Setor de CQP	20/09/2021	22/09/2021	Porque deve ser definido e exposto a relação correta de forma clara e acessível para todos os operadores de máquinas de corte, a fim de coibir novos erros.	Elaborar tabela de relação de tipo de corte X consumível adequado e expor em local visível aos operadores.	N/A
	Velocidade do corte	Elaborar e disponibilizar material com velocidades de corte ideal para cada espessura de material aos operadores	Setor de Corte a Quente	Setor de CQP	27/09/2021	01/10/2021	Para que fique de fácil visualização a velocidade de corte ideal para cada tipo de material aos operadores.	Pesquisar nos manuais da máquina e web pelas velocidades ideais e montar material para dispor na fábrica.	N/A

(continuação)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Peças chanfradas	Chapas empenadas	Realizar desempenho das chapas empenadas antes do corte na Calandra	Setor de Corte a Quente	Operadores	Contínuo	Contínuo	Para desempenar chapas.	Passar a chapa empenada na Calandra.	N/A
	Consumível incompatível com o tipo de corte	Analisar as especificações de funcionamento para cada máquina e o consumível recomendado para aplicação	Setor de Corte a Quente	Setor de CQP	27/09/2021	30/09/2021	A iniciativa visa analisar o consumível mais adequado para cada tipo de corte, e evitar que fossem aplicados consumíveis errôneos que prejudicassem o funcionamento.	Pesquisar as especificações técnicas de cada máquina de corte junto a manuais e fornecedores.	N/A
		Elaborar material com relação de tipo de corte X consumível correto a ser aplicado	Setor de Corte a Quente	Setor de CQP	27/09/2021	01/10/2021	Porque deve ser definido e exposto a relação correta de forma clara e acessível para todos os operadores de máquinas de corte, a fim de coibir novos erros.	Elaborar tabela de relação de tipo de corte X consumível adequado e expor em local visível aos operadores.	N/A
	Peça desnivelada na mesa	Disponibilizar de níveis de bolha para a equipe da operação	Setor de Corte a Quente	Setor de CQP	14/10/2021	14/10/2021	Para que seja realizada a verificação do nivelamento da chapa na mesa de corte.	Comprar 2 níveis de bolha.	R\$120

(conclusão)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Peças chanfradas	Falta de verificação dimensional	Realizar alinhamento com operadores para que utilizem os instrumentos de medição	Setor de Corte a Quente	Setor de CQP	04/10/2021	08/10/2021	Muitas vezes esse processo é negligenciado pelos operadores por isso a iniciativa visa educar os operadores a respeito da necessidade.	Realizar workshop com os operários com a temática, ressaltando a importância e o método de uso dos instrumentos.	N/A
		Incluir lembrete visual da necessidade de realizar a medição	Setor de Corte a Quente	Setor de CQP	11/10/2021	-	Em algumas ocasiões foi notado que os operadores esquecem ou desconhecem a prática adequada por isso a adoção de lembretes visuais no posto de trabalho visa estimular essa prática.	Elaborar cartaz informativo a respeito da instrução e dispor em locais estratégicos e n campo de visão dos operadores.	N/A

APÊNDICE E – PLANO DE AÇÃO DE RECOMENDAÇÕES FUTURAS - CORTE A QUENTE

(continua)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Peças fora da tolerância	Verificação do projeto e material	Construir Checklist do procedimento	Setor de CQP	Setor de CQP	-	-	Ferramenta adotada para garantir que os projetistas e operadores executarão a ação de verificação e o farão de forma adequada.	Elaborar checklist com os itens de verificação do procedimento.	-
	Falha no acompanhamento do corte	Adotar relatório de observação do corte	Setor de CQP	Setor de CQP	-	-	Por que foi averiguado que durante o corte os operadores desviavam sua atenção do procedimento e não o acompanhavam por completo, ocasionando falhas que poderiam ter sido evitadas por meio do acompanhamento.	Elaborar um relatório de observação do processo de corte e anexá-lo junto ao projeto do corte entregue ao operador.	-
		Adotar métodos de advertência ao operador	Setor de CQP	Setor de CQP	-	-	Porque alguns operadores não seguem os procedimentos preestabelecidos. A iniciativa visa coibir esse tipo de comportamento.	Estabelecer modelo de advertência e apresentá-lo de forma clara a todos os envolvidos.	-
	Limitação na furação das peças	Criar molde para realização de furos	Setor de CQP	Setor de CQP	-	-	Porque foi observado a ocorrência de retrabalho no posicionamento da peça pra realização do furo, que é feito de forma manual livre pelo operador. Logo, o molde iria indicar o posicionamento correto do ponto de furo.	Produzir o desenho de molde e requisitar a produção do mesmo, em aço.	-

(continuação)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Peças cortadas a mais e Peças não conforme projeto	Falta de atenção no controle do processo	Construir Checklist do procedimento	Setor de CQP	Setor de CQP	-	-	Ferramenta adotada para garantir que os projetistas e operadores executarão a ação de verificação e o farão de forma adequada.	Elaborar checklist com os itens de verificação do procedimento.	-
	Falha na comunicação	Implantação de sistema de comunicação em tempo real	Setor de Produção, Corte a Quente e Projetos	Setor de TI	-	-	Para haver a comunicação em caso de divergências que possam ocasionar algum problema no processo antes que ele inicie.	Dispondo de computadores na fábrica para utilização de comunicação via app selecionado e disponibilização de Walktalk.	-
	Falha no acompanhamento do projeto	Implantação do sistema Wireless para envio de projetos a máquina	Setor de Corte a Quente	Setor de TI	-	-	Para agilizar o acompanhamento da execução de cada projeto.	Incorporando sistema Wireless na máquina.	-
		Implantar caixa de confirmação antes de iniciar corte	Setor de Corte a Quente	Setor de TI	-	-	Para que o operador seja forçado a revisar o projeto antes de iniciar o corte.	Incorporando atualização no código da máquina.	-

(continuação)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Peças empenadas	Espessura do material	Realizar estudo para definir espessura máxima suportada pela máquina	Setor de Corte a Quente	Setor de CQP	-	-	Porque cada máquina possui uma referência preestabelecida da espessura da peça de aço que ela suporta, o que torna necessário tomar conhecimento e manter o registro dessa informação.	Pesquisar as especificações técnicas de cada máquina de corte junto a manuais e fornecedores.	-
	Material das primeiras espiras de uma bobina	Criar rotina da não utilização das primeiras espiras de uma bobina neste procedimento	Setor de Corte a Quente	Coordenador de Produção	-	-	Porque como o material pode ser utilizado em outros processos da fábrica, pode-se evitar sua utilização neste processo em específico.	Instruindo em reuniões com operadores a separarem as primeiras espiras de uma bobina para outros processos, como o de produção de tubos.	-
	Altura do bico de corte	Realizar treinamento com operadores sobre o manuseio correto da máquina	Setor de Corte a Quente	Setor de CQP	-	-	Por haver erros de ajuste da altura por falta de treinamentos.	Elaborar e aplicar treinamento com operadores sobre manuseio da máquina.	-
		Ajustar configurações da máquina	Setor de Corte a Quente	Setor de Manutenção	-	-	Porque a configuração da máquina só permite alturas configuradas (padrões).	Realizar atualização no código da máquina para que seja possível ajustar a altura do bico de corte de acordo com a necessidade.	-

(continuação)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Peças empenadas	Chapas empenadas	Pesquisar novas tecnologias que atuem na prevenção do empenamento de chapas	Setor de Corte a Quente	Setor de CQP	-	-	Encontrar alternativas que previnam ou reduzam a ocorrência de empenamentos de chapas se faz necessário e é por vezes complexo.	Por meio de Benchmarking com indústrias do ramo e pesquisas web.	-

(continuação)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Peças chanfradas	Consumível depreciado	Estabelecer os padrões de qualidade ideal dos consumíveis	Setor de Corte a Quente	Setor de CQP	-	-	É importante que o padrão ideal de qualidade esteja bem definido para que todos os consumíveis que não o respeitarem sejam substituídos.	Realizar estudo das especificações ideais dos consumíveis em manuais de instrução	-
		Realizar levantamento dos consumíveis disponíveis	Setor de Corte a Quente	Setor de Suprimentos	-	-	Para que seja explicitado todos os consumíveis existentes para a realização do corte bem como a avaliação da qualidade deles.	Avaliar em campo a qualidade dos consumíveis, realizar o registro e encaminhar as necessidades ao setor de suprimentos.	-
		Buscar por novos fornecedores de consumíveis	Setor de Corte a Quente	Setor de Suprimentos	-	-	Alguns dos consumíveis encontrados podem ser de qualidade inferior, por isso a busca por novos fornecedores que entreguem produtos com maior qualidade e durabilidade.	Realizar busca em sites especializados e benchmarking com outras grandes indústrias do setor	-

(conclusão)

Problema	Causa	Ação (O quê?)	Onde?	Quem?	Quando?		Por quê?	Como?	Quanto custa?
					Início	Término			
Peças chanfradas	Altura do bico de corte	Realizar treinamento com operadores sobre o manuseio correto da máquina	Setor de Corte a Quente	Setor de CQP	-	-	Por haver erros de ajuste da altura por falta de treinamentos.	Elaborar e aplicar treinamento com operadores sobre manuseio da máquina.	-
	Altura do bico de corte	Ajustar configurações da máquina	Setor de Corte a Quente	Setor de Manutenção	-	-	Porque a configuração da máquina só permite alturas configuradas (padrões).	Realizar atualização no código da máquina para que seja possível ajustar a altura do bico de corte de acordo com a necessidade.	-
	Velocidade do corte	Elaborar e disponibilizar material com velocidades de corte ideal para cada espessura de material aos operadores	Setor de Corte a Quente	Setor de CQP	-	-	Para que fique de fácil visualização a velocidade de corte ideal para cada tipo de material aos operadores.	Pesquisar nos manuais da máquina e web pelas velocidades ideais e montar material para dispor na fábrica.	-