



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO



## ANÁLISE DA CAUSA RAIZ DA FALHA NO MOTOR DA GRAXEIRA E MELHORIAS NO PROCESSO DE TREFILAÇÃO DE ARAMES EM UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA

*Root cause analysis of grease fitting motor failure and improvements in the wire drawing process in a metallurgical industry*

*Análisis de causa raíz de fallas en motores de engrasadores y mejoras en el proceso de trefilado de alambre en una industria metalúrgica*

Adryelle dos Santos Cardoso <sup>1</sup>, Bruno Souza Fernandes <sup>2\*</sup>, & Djoille Denner Damm <sup>3</sup>

<sup>1 2 3</sup> Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

<sup>1</sup> adryellesantos02@gmail.com <sup>2</sup> bruno.fernandes@ufrb.edu.br <sup>3</sup> djoille@ufrb.edu.br

### ARTIGO INFO.

Recebido: 27.06.2025

Aprovado: 25.07.2025

Disponibilizado: 02.08.2025

**PALAVRAS-CHAVE:** Ferramentas da qualidade; Graxeira; Trefila; Treinamento.

**KEYWORDS:** Quality tools; Grease fitting; Wire drawing; Training.

**PALABRAS CLAVE:** Herramientas de calidad; Máquina engrasadora; Trefilado; Capacitación.

\*Autor Correspondente: Fernandes, B. S.

### RESUMO

Este artigo tem como objetivo identificar a causa raiz a causa da falha no motor da graxeira em uma empresa metalúrgica e propor medidas de intervenção para melhorar o nível de produtividade. O método utilizado para a coleta de dados foi a realização de uma sessão de *Brainstorming* com operadores da trefilaria, seguida da construção de um Diagrama de Causa e Efeito, e a aplicação do método dos 5 Porquês para a obtenção da causa raiz. Aplicou-se também o 5W2H para propor ações para o problema da falha no motor da graxeira e para definir medidas de intervenção para evitar outros problemas de qualidade e de manutenção. As principais causas encontradas foram a falta de treinamento, a lubrificação inadequada e a utilização de equipamentos inadequados, nas categorias de mão de obra, matéria-prima e máquina, respectivamente, sendo a causa raiz a falta de treinamento dos funcionários. Para evitar a falha no motor da graxeira, destaca-se o custo de R\$ 3000,00 durante um mês, para o treinamento, a instalação de chaveta e a marcação do nível máximo de sabão. Portanto, o estudo na empresa permitiu o uso das máquinas e das ferramentas de forma correta e com redução de erros, aumentando a disponibilidade e a eficiência, podendo ser replicado para outras indústrias.

### ABSTRACT

This article sought to identify the root cause of the grease fitting motor failure problem in a metalworking company and propose intervention measures to improve productivity levels. The method used to collect data was to conduct a *Brainstorming* session with wire drawing operators, followed by the construction of a *Cause-and-Effect* Diagram, and the application of the 5 Whys method to obtain the root cause. The 5W2H was also applied to propose actions for the grease fitting motor failure problem and to define intervention measures to avoid other quality and maintenance problems. The main causes found were lack of training, inadequate lubrication and the use of inadequate equipment, in the labor, raw material and machine categories, respectively, with the root cause being the lack of employee training. To avoid the grease fitting motor failure, the cost of R\$ 3,000.00 for one month for training, installation of a key and marking of the maximum soap level stands out. Therefore, the study in the company allows the use of machines and tools correctly and with a reduction in errors, increasing availability and efficiency, and can be replicated in other industries.

### RESUMEN

Este artículo buscó identificar la causa raíz del problema de falla del motor de engrasador en una empresa metalúrgica y proponer medidas de intervención para mejorar el nivel de productividad. El método utilizado para la recolección de datos fue una sesión de *Brainstorming* con operadores de trefilado, seguido de la construcción de un Diagrama de Causa y Efecto, y la aplicación del método de los 5 Porquês para obtener la causa raíz. También se aplicó 5W2H para proponer acciones para abordar el problema de falla del motor de engrase y definir medidas de intervención para evitar otros problemas de calidad y mantenimiento. Las principales causas encontradas fueron la falta de capacitación, lubricación inadecuada y el uso de equipos inadecuados, en las categorías de mano de obra, materia prima y máquina, respectivamente, siendo la causa fundamental la falta de capacitación de los empleados. Para evitar fallas en el motor del engrasador, se destaca el costo de R\$ 3.000,00 durante un mes por capacitación, instalación de llave y marcado del nivel máximo de jabón. Por tanto, el estudio en la empresa permite utilizar máquinas y herramientas de forma correcta y con reducción de errores, aumentando la disponibilidad y la eficiencia, pudiendo ser replicado en otras industrias.

## INTRODUÇÃO

A baixa produtividade é um fator de risco à permanência das empresas no mercado. As causas podem ser variadas, como uma gestão ineficiente ou o excesso de atividades a serem desempenhadas. Para Martins e Laugeni (2015), a produtividade é medida pela comparação entre dois períodos e está relacionada ao valor do produto ou serviço gerado em função do custo dos insumos utilizados.

Segundo Helman e Cetlin (2015), a trefilação de arames é uma prática muito antiga, com registros que remontam aproximadamente a 3000 a.C., utilizada principalmente para a fabricação de fios de ouro e prata para joias. Até o início do século XIX, a trefilação era feita manualmente, por meio da força humana, de animais ou de rodas d'água. O processo envolvia o uso de uma placa de ferro com vários furos cônicos de tamanhos progressivamente menores.

A indústria de arames possui um processo de conformação mecânica complexo. Primeiro, o fio máquina é obtido de uma indústria siderúrgica, e sua fabricação ocorre por meio da laminação a quente de tarugos de aço e serve como matéria-prima para diversos processos industriais. Na indústria de arames, o fio máquina é levado para a trefilação, passando o arame através de uma matriz para reduzir seu diâmetro e resultando em um encruamento (endurecimento por deformação a frio) que melhora as propriedades mecânicas do arame, como a resistência a tração e a dureza (Helman & Cetlin, 2015; Dieter, 2016).

A trefilação se caracteriza pelo tracionamento do produto trefilado por meio de uma matriz, que define sua geometria e dimensões finais. Esse processo exige a aplicação de uma força de tração suficiente para vencer a resistência do material, ao mesmo tempo em que se evita falhas estruturais, como trincas e fissuras. O atrito causado pelo contato da fieira com o material trabalhado é considerado um dos fatores mais importantes e críticos no processo de trefilação, influenciando na qualidade superficial do arame durante o processo de conformação (Byon et al., 2011; Callister, 2018).

O atrito é considerado prejudicial aos processos de conformação, por provocarem efeitos indesejáveis, como baixa qualidade superficial do arame, o aumento do desgaste das fieiras e alteração nas propriedades mecânicas devido à elevação da temperatura durante a redução, a produção de fluxos irregulares, a alteração na estrutura de tensão da deformação e o aumento do consumo de energia necessária à deformação (Helman & Cetlin, 2015).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2020), o controle de qualidade na trefilação envolve a inspeção dimensional, a análise das propriedades mecânicas e a verificação de possíveis defeitos, garantindo que o produto final atenda às especificações exigidas pelo projeto.

Segundo Helman e Cetlin (2015), durante o processo de trefilação, são empregados lubrificantes sólidos para ajudar a minimizar o atrito entre o aço e a fieira, evitando danificar o fio máquina e garantindo um melhor acabamento superficial. No entanto, é comum que a lubrificação do arame não seja adequada, necessitando de manutenções corretivas frequentes, reduzindo a qualidade do produto, a eficiência e a produtividade.

Segundo Ferreira (2020), a temperatura elevada modifica as propriedades físico-químicas do sabão, impossibilitando a realização de uma boa lubrificação, permitindo a formação de “charutos” ou a “petrificação do sabão”.

Os motores graxeiros são os componentes responsáveis por iniciar o sistema de lubrificação automática dos equipamentos industriais, garantindo a aplicação contínua e controlada de graxa nos pontos de atrito mecânico para reduzir o desgaste, evitar falhas e prolongar a vida útil dos componentes. Neste contexto, os componentes críticos de um sistema de lubrificação são considerados o conjunto de componentes essenciais ao seu funcionamento adequado, incluindo o motor, as válvulas de dosagem e as linhas de alimentação. Uma falha em qualquer um desses componentes pode levar à distribuição ineficaz da graxa, às paradas não programadas, ao aumento do desgaste mecânico e, conseqüentemente, uma redução significativa da produtividade (Mateus et al., 2021).

Na indústria metalúrgica onde o presente estudo foi realizado, os indicadores de Tempo Médio para Reparo (MTTR) e Tempo Médio entre Falhas (MTBF), indicavam que a falha no motor da graxeira exigia um longo tempo de reparo e ocorria falhas com alta frequência, sendo o principal motivo pela queda da produtividade na indústria.

Portanto, o problema da pesquisa busca responder a seguinte pergunta: quais fatores operacionais e organizacionais contribuem para a falha no motor da graxeira, e como a aplicação de ferramentas da qualidade pode mitigar esse problema e melhorar a produtividade da trefilaria?

Assim, o objetivo geral do artigo é identificar a causa raiz da falha no motor da graxeira em uma indústria metalúrgica e propor melhorias para o processo de trefilação. Os objetivos específicos são:

- Caracterizar a indústria e o processo de produção de arames;
- Aplicar ferramentas da qualidade para investigar as causas da falha no motor;
- Propor um plano de melhoria contínua para o setor de trefilaria.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O monitoramento e a avaliação das atividades industriais requerem métodos e habilidades técnicas voltadas à qualidade e à manutenção. Ao organizar as etapas a serem realizadas, faz-se necessário levar em consideração seu fluxo, a matéria-prima utilizada e o resultado por meio da criação do produto, obtendo várias informações sistematizadas e podendo identificar pontos que podem ser melhorados durante todo o processo (Marshall et al., 2021).

Essas ferramentas são aplicadas para coletar, medir, definir, analisar e apontar falhas nos processos de produção, sendo aplicadas em áreas que possibilitam coletar, medir, definir, analisar e apontar as falhas encontradas nos processos de produção (Nascimento & Oliveira, 2020).

geram aumento na qualidade, reduzem os desperdícios, melhoram o aproveitamento do tempo e do espaço do tempo e do espaço, padroniza processos e produtos, e reduz os custos. As melhorias nos processos de manufatura ocorrem por meio do gerenciamento efetivo das atividades e tarefas envolvidas nos processos, e também do uso de ferramentas apropriadas (Górny, 2019).

Infante (2011) aplicou o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) e várias ferramentas da qualidade para analisar o problema da interrupção no processo de trefilação, encontrando as principais causas, sendo o equipamento sem programação, o *setup*, a folga de escala, e a falta de material.

Coutinho (2023) aplicou a metodologia da Manutenção Produtiva Total, a ferramenta 5S e o pilar da manutenção autônoma, no processo de trefilação de arames em uma usina siderúrgica, resultando em maior disponibilidade dos equipamentos e menor tempo de interrupção das máquinas, permitindo uma melhor gestão do tempo e do uso dos recursos disponíveis, contribuindo para a otimização do processo produtivo.

O presente artigo fez uso das seguintes ferramentas da qualidade: Fluxograma, *Brainstorming*, Diagrama de Causa e Efeito, 5 Porquês e 5W2H.

#### FLUXOGRAMA

O Fluxograma é uma ferramenta utilizada para apresentar as etapas de um processo, ou um processo como um todo, de maneira que facilite a visualização e o entendimento. Santos (2014) afirma que o Fluxograma é uma ferramenta que usa diferentes símbolos que possibilitam representar várias ações, tarefas e planos, buscando ajudar e facilitar a compreensão do fluxo de dados e de documentos.

De acordo com Inácio et al. (2023), o Fluxograma também pode ser utilizado para padronizar um processo, servindo de modelo de como os procedimentos devem ser elaborados, contribuindo para o entendimento e para o cumprimento de alguma atividade de forma simplificada e dinâmica, podendo conter a descrição da atividade e do tempo de execução.

#### BRAINSTORMING

O *Brainstorming* ou tempestade de ideias é uma técnica usada para coletar informações e ideias que possam ajudar a resolver problemas ou a potencializar a criação de coisas novas (Machado, 2012).

O *Brainstorming* é realizado em grupo através de métodos criativos, com o intuito de coletar informações para solucionar problemas e fomentar a criação de ideias inovadoras. A ferramenta serve para gerar inspiração às equipes com o intuito de estimular outros participantes a contribuírem com mais ideias (Sousa & Loos, 2020).

Segundo Maria et al. (2020), para que o *Brainstorming* funcione é necessário levar em consideração os critérios de quantidade, excluir as críticas, analisar todas as ideias, fazer a combinação entre as sugestões, implementar as sugestões apresentadas e focar nos resultados obtidos. Além disso, Corrêa e Oliveira (2017) afirmam que o *Brainstorming* deve ser aplicado antes das ferramentas da qualidade que fazem acompanhamento das atividades realizadas e das que fazem análise de erros.

Cardoso et al. (2019) aplicaram o *Brainstorming* no processo de fabricação de arame recozido, identificando o tempo e a temperatura do encharque como sendo os fatores críticos para as falhas no processo que levam a não conformidade do material, aplicando, em seguida, o método de estudo de perigos e operabilidade (HAZOP) e a análise das camadas de proteção (LOPA) para realizar a gestão de riscos do processo.

Magalhães et al. (2015) aplicaram o *Brainstorming* para analisar as não conformidades do processo de trefilação de arames e algumas das causas encontradas foram que as correias das máquinas de retificar fieiras não são substituídas semanalmente, não existe um gabarito para ajustar a folga da cabeça da caneta, o operador não confere se a agulha está encostando na fieira ao final de cada ciclo, os operadores não são bem treinados e não existe uma avaliação da inserção de produto químico na lavagem das fieiras.

#### DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO

O Diagrama de Causa e Efeito, também chamado de Espinha de peixe ou de Diagrama de Ishikawa, serve para correlacionar os problemas encontrados com as suas possíveis causas, identificando as causas que comprometem o funcionamento do processo ou atividade de maneira adequada (Carpinetti, 2012).

A realização do Diagrama de Causa e Efeito é feita por meio da determinação da falha e da criação das relações das causas do problema e suas categorias, que são todas as áreas ligadas à falha (Fujimoto, 2017).

As causas dos problemas nessa ferramenta são associadas a fatores conhecidos como 6 M's, que podem ser: meio ambiente, métodos, medidas, mão de obra, máquina e matéria-prima. Com a determinação desses fatores e dos efeitos no produto/processo, As causas relacionadas aos 6 M's são analisadas conforme sua associação com o problema identificado a cada fator, sendo identificadas como as causadoras do problema, podendo formar vários grupos que permitem estabelecer diversas causas para a falha encontrada (Santos, 2014).

O Diagrama de Ishikawa tem como finalidade fazer uso de ideias e sugestões que podem ser adquiridas em reuniões ou após a aplicação do *Brainstorming*, para identificar o que pode estar causando algum problema (Anjos, 2020).

Ishikawa (1993) afirma que é essencial que as causas encontradas no Diagrama de Causa e Efeito sejam agrupadas e controladas adequadamente para transformar os processos em produtos e efeitos de qualidade. Isso significa que o processo deve levar ao aumento da produtividade.

Ferreira (2020) realizou um estudo no processo de trefilação do aço ABNT 1005 na indústria de Arcelormittal em Juiz de Fora - MG, e identificou que as principais causas de rupturas de arame são a carepa residual no arame, a baixa relação de boro e nitrogênio, e a falha na lubrificação devido à alta temperatura do arame durante o processo, propondo soluções que resultaram em aumento da produtividade.

Infante (2011) aplicou o Diagrama de Causa e Efeito no processo de trefilaria de arames numa indústria siderúrgica, considerando os problemas das interrupções para troca de ferramentas (*setup*) e interrupção operacional por falta de material. Dentre as principais causas encontradas estão a dificuldade de acertar a bitola com a fieira rotativa, o material fora das especificações e a fieira com dimensão fora das especificações.

## 5 PORQUÊS

O 5 Porquês é um método simples e eficaz que contribui para a identificação de causas de problemas e análise de causa raiz, sendo utilizada principalmente na área da qualidade e da manutenção, mas pode ser aplicada em diferentes setores e contextos. Os 5 porquês é uma ferramenta criada por Taiichi Ohno, considerado o pai do Sistema Toyota de Produção, que consiste em realizar a pergunta “Por quê” cinco vezes para identificação e compreensão da causa raiz do problema. No entanto, não é necessário realizar as cinco perguntas, desde que a causa raiz do problema seja encontrada. Os 5 porquês, portanto, busca compreender as relações de causa e efeito até que a verdadeira causa subjacente seja revelada (Silva & Souza, 2022).

## 5W2H

O 5W2H é uma ferramenta de gestão e planejamento que auxilia na definição e execução de ações de forma clara e objetiva (Gallegos, 2023). Cada letra do 5W2H representa uma pergunta em inglês, que são as seguintes (Inácio et al., 2023):

- *What* (O que?): Refere-se à descrição da tarefa ou ação a ser realizada;
- *Why* (Porque?): Indica a justificativa ou o motivo pelo qual a tarefa está sendo realizada;
- *Who* (Quem?): Determina a pessoa ou as pessoas responsáveis pela execução da tarefa;
- *When* (Quando?): Estabelece o tempo, prazo ou a data limite para que a tarefa seja concluída;
- *Where* (Onde?): Define o setor, posto de trabalho ou local onde a tarefa será realizada;
- *How* (Como?): Refere-se ao método ou à forma como a tarefa será realizada;
- *How much* (Quanto?): Indica o custo ou a quantidade de recursos necessários para a execução da tarefa.

A aplicação do 5W2H é útil para tornar o planejamento e a execução de projetos, tarefas e ações mais claras, garantindo que todas as informações relevantes estejam prestadas, atribuídas e compreendidas por todos os envolvidos. Ao responder às perguntas do 5W2H, uma equipe ou indivíduo consegue estabelecer um plano de ação e facilitar o acompanhamento e controle do progresso das atividades (Gallegos, 2023).

Pedrosa (2023) utilizou o Fluxograma, o *Brainstorming* e o 5W2H em um processo de trefilação de arames, obtendo resultados para a unificação e consolidação do fluxo de dados, sendo útil para o alinhamento do processo, redução de sucata e economia de tempo na execução das atividades.

## METODOLOGIA

### DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA

A pesquisa realizada adota a abordagem de um estudo de caso, método que permite uma análise detalhada das diferentes dimensões de um cenário específico, fazendo observações de uma organização, de uma pessoa ou até mesmo de uma situação específica (Freitas & Jabbour, 2011). O estudo também possui caráter descritivo, exploratório e qualitativo. No caso, a pesquisa exploratória busca entender as características do que se pretende estudar, além de detalhar e investigar a área de interesse apresentada na pesquisa (Oliveira, 2017). Já o estudo descritivo realiza a busca científica pelas características e informações de um grupo



em geral, de maneira que colete os dados importantes de definição e padrões da amostra em análise (Gil, 2014). Por fim, o estudo é qualitativo, pois descreve e analisa o grau de importância do problema, além de investigar as ações ocorridas, com o intuito de adquirir a maior quantidade de conhecimento sobre os fenômenos estudados (Oliveira, 2017).

#### **CARACTERÍSTICAS DA EMPRESA E DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO**

O estudo foi conduzido em uma indústria metalúrgica especializada na produção de arames na cidade de Feira de Santana, Bahia. Buscou-se conhecer as características da empresa, as condições do ambiente de trabalho, as práticas operacionais e a cultura organizacional, além do número de funcionários e dos produtos fabricados. Realizaram-se 5 visitas e observações *in loco* para acompanhar, conhecer e descrever o processo de produção de arames. O processo de produção de trefilação de arames foi representado por meio de um Fluxograma.

#### **APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS**

O setor de aplicação das ferramentas da qualidade foi o do processo de trefilação, onde as principais máquinas são as trefilas. A coleta de dados foi realizada por meio de uma sessão de *Brainstorming*, identificar as causas relacionadas ao problema da graxeira. Após a coleta, utilizou-se o Diagrama de Causa e Efeito para identificar e apresentar graficamente as causas do problema. Em seguida, aplicou-se o método dos 5 Porquês para encontrar a causa raiz do problema investigado. Na sequência, utilizou-se a ferramenta 5W2H para elaborar planos de ação para a realização das atividades voltadas à falha no motor da graxeira. A ferramenta 5W2H também foi utilizada para propor ações corretivas e preventivas para o setor de trefilaria.

Realizou-se uma sessão estruturada de *Brainstorming*, com duração de 15 minutos, envolvendo operadores experientes da trefilaria, sendo conduzida por um dos pesquisadores do estudo. As críticas foram proibidas e toda contribuição foi considerada válida.

O Diagrama de Causa e Efeito foi elaborada com as causas agrupadas nas categorias método, máquina, medida, meio-ambiente, mão de obra e materiais. O Diagrama de Ishikawa foi elaborado no formato de um peixe, onde a cabeça representava o problema geral da falha no motor da graxeira, e as espinhas foram formadas pelas causas identificadas através do *Brainstorming*.

O 5 Porquês foi construído por meio de um *checklist*, repetindo a pergunta “Por quê?” aos mesmos colaboradores que participaram da sessão de *Brainstorming* até chegar à causa raiz do problema da falha no motor da graxeira. Foram consideradas cinco iterações da pergunta ‘Por quê?’ devido à complexidade do problema e por ter sido considerado suficiente para encontrar a causa raiz, já que não houve mais respostas após a quinta iteração. Em seguida, buscou-se entender a causa raiz identificada e determinar as ações necessárias para reduzir a probabilidade de ocorrências do problema.

O 5W2H foi aplicado para criar os planos de ação, identificando quem serão os responsáveis pelas atividades, o que se deve fazer, quanto vai custar, o porquê de se fazê-las, quando vão ser realizadas, onde serão realizadas e como serão realizadas. A ferramenta foi aplicada tanto para o problema da falha no motor da graxeira bem como para propor medidas de intervenção voltadas à qualidade e à manutenção do processo de forma geral.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

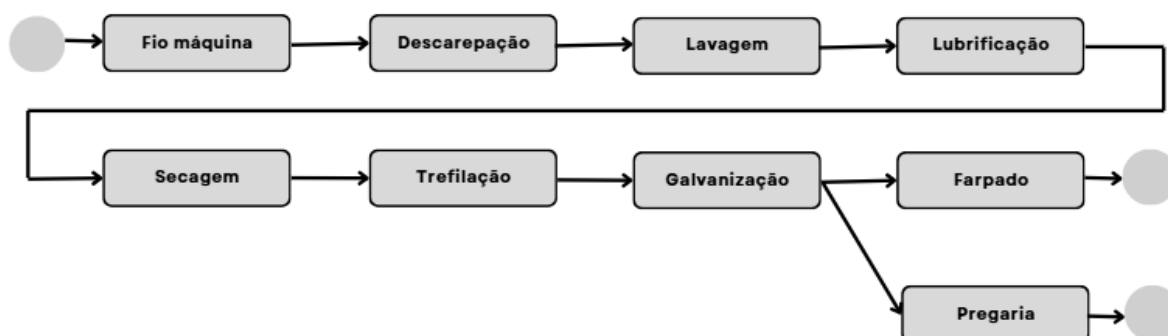
### CARACTERÍSTICAS DA INDÚSTRIA E DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DOS ARAMES

Localizada em Feira de Santana, BA, a indústria metalúrgica multinacional possui aproximadamente 400 funcionários. A indústria fabrica arames essenciais para os segmentos de agronegócio, cercamentos, construção civil, automotivo, solda e para aplicações especiais, sendo arames farpados ou para molas.

A cultura organizacional da indústria, voltada à produtividade, não é acompanhada de investimentos regulares em capacitação técnica. A ausência de treinamentos recorrentes, somada à operação em turnos contínuos e à alta temperatura ambiente, cria condições propícias ao surgimento de falhas. O ambiente físico da trefilaria influencia diretamente na atenção e na eficácia das operações manuais, evidenciando a importância de considerar aspectos humanos e ergonômicos na gestão da produção.

A Figura 1 apresenta o fluxograma do processo de trefilação de arames da indústria, que conta com 5 máquinas, 12 operadores e opera 24 horas por dia operando em três turnos de oito horas, em sistema de revezamento, com capacidade produtiva de 3000 toneladas mensais. O processo conta com até 9 etapas sequenciais sob trefilação múltipla, na qual o produto deve apresentar, bom acabamento superficial e propriedades mecânicas específicas para as aplicações. Os ensaios mecânicos de tração e dureza são os mais utilizados na fase de inspeção e de testes.

**Figura 1.** Fluxograma do processo de trefilação da indústria



Fonte: Autores (2025).

No início do processo, o fio máquina precisa passar por um processo de decapagem com a finalidade de remover completamente a carepa formada durante a laminação e facilitar o processo de trefilação. O processo pode ocorrer por meio de ataque químico com solução ácida (ácido clorídrico) ou por limpeza mecânica com técnicas como dobramento alternado, escovas rotativas metálicas, jateamento com granalha, prensa de palha de aço ou lixas abrasivas. Esta etapa pode ser seguida por tratamento superficial com banho salino (Figura 2).



**Figura 2.** Imagem do removedor de carepa utilizado na indústria



Fonte: Autores na fábrica estudada (2025).

De acordo com Dieter (2016), a carepa prejudica a trefilação, pois impede a penetração do lubrificante na superfície do aço e, por ser abrasiva, desgasta precocemente as matrizes, podendo causar rupturas no arame, além de desgastar as fieiras, o que aumenta as paradas por troca dessas matrizes. Após a decapagem, o material passa para a fase efetiva da trefilação.

O processo de trefilação para a produção de arames na fábrica é feita passando o fio por uma ferramenta chamada fieira e puxando-o através de uma série de blocos consecutivos. O processo pode incluir um ou vários passes de trefilação, permitindo a obtenção de fios muito finos. O processo possui 8 blocos, com roldanas que se forem frisadas podem danificar o fio máquina. Por isso, durante o processo é utilizado sabão e água separados na graxeira, para melhorar a lubrificação do arame (Figura 3).

**Figura 3.** Imagem das fieiras e dos blocos do processo de trefilação na indústria



Fonte: Autores na fábrica estudada (2025).

Já a Figura 4 mostra uma imagem do final do processo de trefilação, representado pelo motor da graxeira.

**Figura 4.** Imagem do motor da graxeira no final do processo de trefilação



Fonte: Autores na fábrica estudada (2025).

O fio trefilado pode ser submetido à galvanização, processo que consiste na aplicação de uma camada de zinco para protegê-lo contra corrosão. Esse revestimento pode ser feito por imersão a quente ou eletrogalvanização, dependendo da aplicação final do material. Após a galvanização, o fio pode ser encaminhado para a pregaria, onde é transformado em pregos, ou para a fabricação de arames farpados, utilizados em cercas e barreiras de segurança.

De acordo com Fonseca et al. (2023), a combinação desses processos melhora significativamente a durabilidade e a resistência do fio de aço, tornando-o adequado para aplicações em ambientes externos e sujeitos à oxidação. Além disso, estudos indicam que a qualidade da galvanização influencia diretamente a vida útil do produto final, sendo fundamental o controle adequado dos parâmetros do banho de zinco e da espessura do revestimento.

#### **APLICAÇÃO DO BRAINSTORMING**

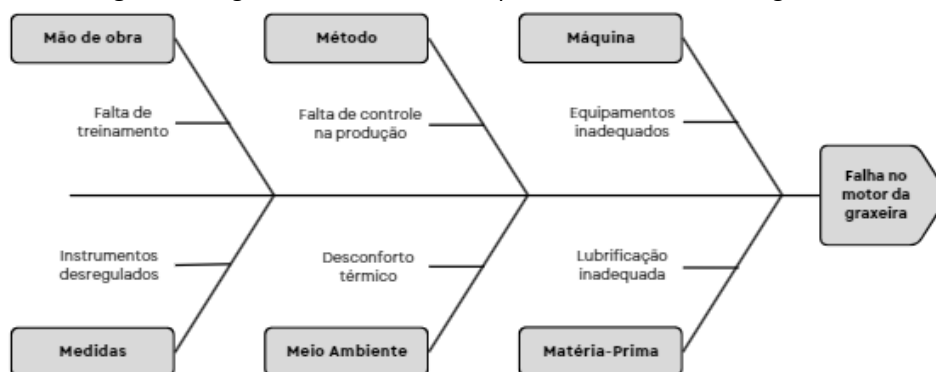
A sessão de *Brainstorming* realizada com funcionários do processo de produção de arames, resultou na identificação de possíveis causas relacionadas ao problema da falha no motor da graxeira.

- a) Equipamentos inadequados: Os equipamentos utilizados para a substituição da fieira, como o alicate, não seguem padronização;
- b) Falta de treinamento: O conhecimento sobre o manejo apropriado na enfição do arame é considerado inadequado;
- c) Falta de controle na produção: Não existe uma verificação e checagem se as etapas da substituição da fieira estão sendo feitas corretamente no *checklist*;
- d) Instrumentos desregulados: Os instrumentos comumente utilizados para a realização do controle da qualidade, como o paquímetro, não estão calibrados;
- e) Lubrificação inadequada: A quantidade de sabão utilizada não está padronizada e o uso excessivo pode causar petrificação;
- f) Desconforto térmico: O setor apresenta uma temperatura ambiente elevada, podendo causar desconforto e falta de concentração dos funcionários.

### APLICAÇÃO DO DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO

O Diagrama de Causa e Efeito indica causas identificadas na sessão de *Brainstorming*, divididas em mão de obra, método, máquina, medida, meio ambiente e matéria-prima (Figura 5).

**Figura 5.** Diagrama de Causa e Efeito para a falha no motor da graxeira



Fonte: Autores (2025).

Percebe-se que cada categoria do Diagrama de Causa e Efeito teve uma causa definida pelos funcionários do setor na sessão de *Brainstorming*, tornando a análise mais complexa. Entre elas, pode-se destacar as causas que foram mais repetidas pelos funcionários, como a falta de treinamento na enfição do arame nas braçadeiras, a lubrificação inadequada pela ausência de uma definição da quantidade de sabão que resulta em petrificação, e a utilização de equipamentos inadequados para a substituição da fieira. Ou seja, essas causas estão associadas às categorias de mão de obra, matéria-prima e máquina.

Com base na classificação encontrada, a falha do motor da graxeira é atribuída à falta de uma gestão eficiente, que possa analisar de forma conjunta as questões relacionadas a cada categoria do Diagrama de Causa e Efeito repercutindo nas questões técnicas e operacionais na produção de arame.

### APLICAÇÃO DO 5 PORQUÊS

O 5 Porquês mostra a sequência de perguntas e respostas realizadas para se encontrar a causa raiz do problema da falha do motor da graxeira. A primeira pergunta foi genérica, referente à parada de funcionamento da máquina.

- a) Por que a máquina parou de funcionar? Porque houve falha no motor da graxeira;
- b) Por quê houve a falha no motor da graxeira? Porque houve uma sobrecarga na operação no motor;
- c) Por quê houve a sobrecarga na operação no motor? Porque o arame passa fora do guia do mexedor de sabão;
- d) Por quê o arame passa fora do guia do mexedor de sabão? Porque existe um erro na preparação da máquina;
- e) Por que existe um erro na preparação da máquina? Porque existe falta de treinamento e de definição dos padrões operacionais.

A aplicação do método dos 5 Porquês mostrou, portanto, que a causa raiz do problema da falha no motor da graxeira evidenciando a falta de treinamento dos funcionários, o que compromete os conhecimentos técnicos da operação da graxeira e do manejo adequado durante todo o processo produtivo de trefilação do arame. Como o processo é parcialmente manual, a ausência de conhecimento técnico pelos colaboradores pode gerar perdas na produção e reduzir a qualidade do produto final.

A categoria do Diagrama de Causa e Efeito para a causa raiz identificada é a da mão de obra, representada pelos colaboradores do setor de trefilação. A falta de definição dos padrões operacionais complementa também a categoria do Diagrama de Ishikawa relacionado a método.

Isso mostra que deve haver um programa de treinamento dos funcionários para as operações da produção e, em particular, para o trabalho com o motor na graxeira. Além disso, os recursos humanos devem ser treinados para se adaptar às mudanças e serem incentivados e motivados para adquirir conhecimentos necessários para executar a tarefa do manejo de forma correta.

#### APLICAÇÃO DO 5W2H PARA O MOTOR DA GRAXEIRA

O 5W2H desenvolvido para o problema da falha no motor da graxeira mostra um plano de ação para setor da manutenção (Tabela 1). A Figura 6 ilustra uma imagem do motor da graxeira após a implementação das melhorias.

**Tabela 1.** 5W2H desenvolvido para o problema da falha no motor da graxeira

O que?	Por quê?	Como?	Quando?	Quem?	Onde?	Quanto custa?
Falha no Motor da graxeira	Devido a erros operacionais pela falta de treinamento, excesso de sabão pela lubrificação inadequada e a substituição da fieira com equipamentos inadequados	Treinamento, instalação de chaveta no sistema de transmissão da chaveta rotativa e marcação do nível máximo de preenchimento do sabão	Durante 1 mês	Operador do setor	No setor do processo de trefilação	R\$ 3000,00

Fonte: Autores (2025).

**Figura 6.** Imagem do motor da graxeira após a implementação das melhorias



Fonte: Autores na fábrica estudada (2025).

#### PROPOSTA DE MELHORIA CONTÍNUA PARA A TREFILAÇÃO

O 5W2H também foi elaborado para realizar melhorias no processo do setor de trefilação, reduzindo problemas com relação à qualidade e à manutenção. A Tabela 2 mostra os planos de ação desenvolvidos para diferentes tipos de máquinas e equipamentos do setor, tais como destravamento das roldanas, desgaste da roldana do decalaminador, para a tampa da trava do compartimento da fieira, para o desgaste do sugador pelo contato com o arame, para a falta de escovas, para a quebra das travas, para a graxeira sem tampa, para a falta de pintura na graxeira, para o desgaste dos braços das roldanas e para as roldanas frisadas.



**Tabela 2.** 5W2H desenvolvido para a melhoria contínua do setor de trefilação

O que?	Por quê?	Como?	Quando?	Quem?	Onde?	Quanto custa?
Destravar as roldanas	Prevenção de danos no aparelho	Aplicar graxa nova nas roldanas	De 15 em 15 dias	Mecânico do setor	Roldanas da primeira graxeira	R\$ 50,00
Desgaste da última roldana do decalaminador	Prevenção de danos na máquina	Troca da roldana do decalaminador	De 6 em 6 meses	Mecânico do setor	Última roldana do decalaminador	R\$ 500,00
Trava da tampa do compartimento da fieira quebrada	Melhoria no equipamento e no processo	Troca da trava do compartimento da fieira	Quando ocorrer a quebra	Mecânico do setor	Trava da tampa do compartimento da fieira	R\$ 50,00
Desgaste do sugador pelo contato com o arame	Evitar o desgaste do material	Suspender o sugador	Quando for percebido a ocorrência	Mecânico do setor	Sugador após o decalaminador	R\$ 0,00
Falta de escovas	Evitar a quebra do material	Repor as escovas da máquina	Uma vez no mês	Mecânico do setor	Removedor de excesso de carepa	R\$ 200,00
Trava quebrada	Evitar que sujeira caia na água que passa o arame	Repor trava da graxeira	Quando ocorrer a quebra	Mecânico do setor	Terceira graxeira	R\$ 50,00
Graxeira sem tampa	Evitar que sujeira caia na água que passa o arame	Repor a tampa da graxeira	Quando for percebido a ocorrência	Mecânico do setor	Na nona graxeira	R\$ 25,00
Falta de pintura na graxeira	Evitar o acúmulo de sabão e a petrificação	Aplicar tinta específica na graxeira	Uma vez no ano	Pintor a contratar	Na graxeira	R\$ 100,00
Desgaste dos braços das roldanas	Evitar a vibração	Repor novas roldanas	De 6 em 6 meses	Mecânico do setor	Na quarta graxeira	R\$ 100,00
Roldanas frisadas	Evitar que o arame sofra deformação	Troca de roldana	Quando se perceber a ocorrência	Mecânico do setor	Nas roldanas	R\$ 180,00

Fonte: Autores (2025).

As soluções propostas com base no 5W2H têm potencial para impactar diretamente não apenas a manutenção corretiva e preventiva, mas também a produtividade e a segurança no ambiente industrial.

Após a elaboração dos planos de ação, foram adotadas algumas medidas prioritárias com foco na prevenção de falhas recorrentes no processo de trefilação. Uma das primeiras iniciativas implementadas foi a sinalização visual do nível na graxeira, a fim de evitar que o sabão ultrapasse o limite adequado. Essa ação foi essencial para impedir a solidificação do produto, evitando a paralisação do motor e o aumento do número de ordens de serviço.

Outra medida importante realizada foi a garantia da disponibilidade e do uso correto das ferramentas adequadas para a substituição de componentes críticos, como a fieira rotativa. Essa prática evitou a necessidade de adaptações que podem comprometer o desempenho e a durabilidade dos equipamentos. Também foram promovidos treinamentos específicos e definidos protocolos de manutenção voltados aos operadores. Essa ação permitiu que os profissionais estejam devidamente capacitados quanto às práticas corretas da operação e aumentou a conscientização das consequências que falhas operacionais podem gerar para o processo produtivo.

Além dessas ações, procedeu-se à substituição por novas peças, com o intuito de eliminar o atrito excessivo que ocorria com o arame. Essa intervenção contribuiu diretamente para a preservação das propriedades mecânicas do material, garantindo maior qualidade e confiabilidade ao produto final.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscou-se identificar a causa raiz do problema da falha no motor da graxeira em uma indústria metalúrgica e propor medidas de intervenção para melhorar o nível de produtividade. do processo de instalação do arame na graxeira, assegurando sua conformidade às especificações e prevenindo desvios e sobrecargas.

O Fluxograma mapeou o processo de produção de trefilação de arame. A técnica de Brainstorming identificou seis causas relacionadas à falha no motor da graxeira. a falta de treinamento, a lubrificação deficiente e o uso de equipamentos não padronizados. O método dos 5 Porquês, por sua vez, identificou a causa raiz como sendo a falta de treinamento dos funcionários.

quanto para a proposição de planos de ação corretivos e preventivos para o processo. Destaca-se um investimento de R\$ 3.000,00, a ser realizado ao longo de um mês, envolvendo treinamento, instalação de chaveta no sistema de transmissão e marcação do nível máximo de sabão. a necessidade de treinamentos e protocolos de manutenção adequados, assegurando a padronização das práticas operacionais.

Falhas operacionais, as quais podem gerar paradas inesperadas, aumento dos custos e redução da vida útil dos equipamentos. garantindo a disponibilidade e eficiência operacional dos equipamentos ao longo do tempo.

Este estudo oferece contribuições significativas para profissionais da indústria, ao demonstrar como ferramentas simples podem diagnosticar e corrigir falhas com baixo custo e alta efetividade. Para pesquisadores, o trabalho amplia o campo de aplicação das ferramentas da qualidade no contexto da metalurgia. Gestores da produção podem adotar as medidas apresentadas como práticas de melhoria contínua. Para a sociedade, melhorias nos processos industriais refletem em maior competitividade, segurança e sustentabilidade. Persistem, no entanto, lacunas relacionadas à análise do impacto de longo prazo das ações propostas, bem como à avaliação quantitativa dos ganhos em produtividade.

### REFERÊNCIAS

Anjos, T. V. (2020). Análise e proposta para melhoria da confiabilidade do processo utilizando ferramentas da qualidade e Big Data: estudo de caso em uma indústria de tintas. *Anais do X Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção (ConBREpro)*. Recuperado de [https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/09272020\\_230941\\_5f7147899c6fe.pdf](https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/09272020_230941_5f7147899c6fe.pdf)

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2020). *NBR 6152: Processos de fabricação mecânica*. Rio de Janeiro. [Link inválido – o site [www.normas.com.br](http://www.normas.com.br) não hospeda as normas diretamente, é necessário acesso via ABNT ou plataforma pagante].

Byon, S. M., Lee, S. J., Lee, D. W., Lee, Y. H., & Lee, Y. (2011). Effect of coating material and lubricant on forming force and surface defects in wire drawing process. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 21, 104–110. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(11\)61071-6](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(11)61071-6)

Callister, W. D. (2018). *Ciência e engenharia dos materiais* (9ª ed.). Rio de Janeiro: LTC.

Cardoso, C. G. L., Sacramento, V. Jr., & Oliveira, U. R. (2019). Gerenciamento de riscos operacionais no processo de qualidade assegurada na fabricação de arame recozido. *Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, 14(4), 134–155. <https://doi.org/10.15675/gepros.v14i4.2307>



- Carpinetti, L. C. R. (2012). *Gestão da qualidade: Conceitos e técnicas* (2ª ed.). São Paulo: Atlas.
- Corrêa, P. F., & Oliveira, L. B. (2017). Aplicação das ferramentas da qualidade na solução de problemas de contaminação em uma fábrica de chocolate. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, 2(2). <https://doi.org/10.25286/rep.v2i2.557>
- Coutinho, J. M. A. (2023). *Implementação da manutenção autônoma no processo de trefilação de arames em uma usina siderúrgica* (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de Pernambuco. Recuperado de <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/53604>
- Dieter, G. E. (2016). *Metalurgia mecânica* (3ª ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Ferreira, G. M. M. (2020). *Avaliação das causas de rupturas de arames no processo de trefilação do aço equivalente ao ABNT1005 na unidade industrial da Arcelormittal em Juiz de Fora – MG* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais. Recuperado de <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/36658>
- Fonseca, M. S. D. A. B., Souza, E. L., & Meira, G. R. (2023). Análise da influência das reações entre o aço galvanizado e o concreto fresco na tensão de aderência do concreto armado. *Revista Matéria (Rio de Janeiro)*, 28(3), e20230171. <https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2023-0171>
- Freitas, W. R. S., & Jabbour, C. J. C. (2011). Utilizando estudo de caso(s) como estratégia de pesquisa qualitativa: Boas práticas e sugestões. *Estudo & Debate*, 18(2), 07–22. Recuperado de <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/123394>
- Fujimoto, D. Y. (2017). *A importância das ferramentas da qualidade nas indústrias* (Monografia). Universidade Candido Mendes. [Link removido: site Docsity é repositório público sem DOI oficial].
- Gallegos, R. A. P. (2023). *Ferramentas de gestão voltadas para melhoria da qualidade nas empresas* (1ª ed.). Rio de Janeiro: Freitas Barros.
- Gil, A. C. (2014). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (6ª ed.). São Paulo: Atlas.
- Górny, A. (2019). Improvements in the production environment made using quality management tools. *Advances in Manufacturing II – Quality Engineering and Management*, 3, 267–276. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-17269-5\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-030-17269-5_20)
- Helman, H., & Cetlin, P. R. (2015). *Fundamentos da conformação mecânica dos metais* (2ª ed.). São Paulo: Artliber.
- Inácio, L. C. R., Avelino, S. F., Sanjulião, L. R. K. A., Reis, M. J., Borges, V. O., Piantino, L. F. M., Pinto, R. A. N., & Silva, H. M. (2023). Ferramentas básicas da qualidade: Folha de verificação, estratificação, fluxograma, diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, matriz GUT e 5W2H. *Revista de Gestão e Secretariado*, 14(10), 17413–17427. <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i10.2890>
- Infante, E. L. (2011). *Aplicações das ferramentas da qualidade em uma trefilaria de arame* (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Estadual Paulista. Recuperado de <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/130006>
- Ishikawa, K. (1993). *Controle de qualidade total à maneira japonesa*. Rio de Janeiro: Campus.
- Machado, S. S. (2012). *Gestão da qualidade*. Inhumas: IFG; Santa Maria: UFSM.
- Magalhães, J. M., Vasconcellos, R. M., Pereira, S. C., & Silva, Q. O. (2015). Utilização do método DMAIC no processo de fabricação de fiação. *Anais do IV SINGEP*. Recuperado de <https://www.singep.org.br/4singep/resultado/377.pdf>
- Maria, M. N. N., Melo, M. L. S., & Coutinho, V. S. (2020). Aplicação de ferramentas da qualidade em um hotel na cidade de Castanhal – PA. *Anais do XL ENEGEP*. Recuperado de [https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_345\\_1772\\_40939.pdf](https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_345_1772_40939.pdf)
- Marshall, I. Jr., Rocha, A. V., Mota, E. B., & Quintella, O. M. (2021). *Gestão da qualidade e processos* (2ª ed.). Rio de Janeiro: FGV.
- Martins, P. G., & Laugen, F. P. (2015). *Administração da produção* (3ª ed.). São Paulo: Saraiva.
- Mateus, R. L. G., Melo, G. A., Barbosa, S. B., Peixoto, M. G. M., & Nogueira, T. H. (2021). Análise do gerenciamento de processos e qualidade: Um estudo qualitativo básico em uma confecção têxtil do alto Paranaíba. *Revista CIATEC-UPF*, 13(2), 86–94. <https://doi.org/10.5335/ciatec.v13i2.12942>
- Nascimento, I. C. B., & Oliveira, L. B. (2020). Implantação das ferramentas da qualidade na melhoria do processo produtivo em uma panificadora. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, 5(4), 88–95. <https://doi.org/10.25286/rep.v5i4.1345>
- Oliveira, E. L. Jr. (2017). *Pesquisa científica na graduação: Um estudo das vertentes temáticas e metodológicas dos trabalhos de conclusão de curso* (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de Uberlândia. Recuperado de <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/20939>

Pedrosa, T. D. (2023). *Estudo de caso no processo de beneficiamento de arames industriais* (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de Pernambuco. Recuperado de <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/51118>

Santos, A. A. (2014). *Gestão da qualidade e confiabilidade*. Belo Horizonte: Ânima Educação.

Silva, C. R. R., & Souza, W. R. Jr. (2022). Estudo da utilização das ferramentas da qualidade para análise de causa raiz da baixa performance de atendimento em uma empresa de telecomunicações. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 8(2), 145–162. <https://doi.org/10.47456/bjpe.v8i2.37228>

---

Sousa, R. S., & Loos, M. J. (2020). Aplicação do ciclo PDCA e ferramentas da qualidade na redução de custos e perdas em uma distribuidora de hortifruti. *Journal of Perspectives in Management*, 4, 68–83. <https://doi.org/10.51359/2594-8040.2020.245375>