

**FACULDADE DE TECNOLOGIA ASSESSORITEC
DEPARTAMENTO DE CURSOS SUPERIORES
TECNOLOGIA EM GESTÃO DA QUALIDADE**

DENISON SARMENTO DA POÇA

**UMA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE O USO DO DIAGRAMA
DE PARETO E DIAGRAMA DE ISHIKAWA NA MELHORIA DE
PROCESSOS E REDUÇÃO DE DEFEITOS EM UMA FUNDIÇÃO**

JOINVILLE

2025

DENISON SARMENTO DA POÇA

**UMA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE O USO DO DIAGRAMA DE
PARETO E DIAGRAMA DE ISHIKAWA NA MELHORIA DE
PROCESSOS E REDUÇÃO DE DEFEITOS EM UMA FUNDIÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Departamento de Cursos Superiores da Faculdade de
Tecnologia Assessoritec como requisito para a obtenção
do grau de Tecnólogo em Gestão da Qualidade.

Orientador: Prof. Jean Burgos Gabriel

JOINVILLE

2025

DENISON SARMENTO DA POÇA

**UMA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE O USO DO DIAGRAMA DE PARETO E
DIAGRAMA DE ISHIKAWA NA MELHORIA DE PROCESSOS E REDUÇÃO DE
DEFEITOS EM UMA FUNDIÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Cursos Superiores da Faculdade de Tecnologia Assessoritec como requisito para a obtenção do grau de Tecnólogo em Qualidade.

Joinville, 30 de Julho de 2025.

Prof. Esp./Me./Dr. Jean Burgos Gabriel (Orientador)
Faculdade de Tecnologia Assessoritec (FTA)

Prof. Me. Katiana da Silva Estevam
Faculdade de Tecnologia Assessoritec (FTA)

Prof. Me Vilmar da Silva
Faculdade de Tecnologia Assessoritec (FTA)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, meu protetor nesta jornada da vida, fonte de força e inspiração em todos os momentos desta caminhada universitária. À minha mãe, Maria Inês, por todo amor, cuidado e carinho com que me criou, e por acreditar nos meus sonhos, mesmo quando pareciam distantes. Seu apoio foi essencial para que eu pudesse chegar até aqui. Expresso minha profunda gratidão ao meu irmão, Thiel Poça, pelo apoio, incentivo e companheirismo incondicionais, fundamentais nos momentos mais desafiadores. Da mesma forma, ao Dirceu Poça, por suas palavras de encorajamento e exemplo de dedicação. E não poderia deixar de agradecer a minha filha Àcsa Luara por ser a minha força das horas difíceis. À minha esposa, Nívea Rainara, por sua paciência, compreensão e amor durante todo este percurso acadêmico. Seu suporte constante foi um alicerce indispensável na realização deste trabalho. E como forma de agradecimento e respeito a Emília Poça (in memoriam), minha querida avó, que nos deixou durante a escrita deste trabalho.

A todos, meus sinceros agradecimentos e minha eterna gratidão.

“A felicidade não está em viver, mas em saber viver.”

Confúcio (551 a.C. – 479 a.C)

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso explora a importância de duas ferramentas da qualidade na indústria de fundição, destacando sua contribuição para a otimização de processos, redução de defeitos e aumento da satisfação do cliente. A fundamentação teórica apresenta a fundição como um processo antigo e essencial na metalurgia, por isso crucial para garantir a qualidade do produto final. Nesse contexto, as ferramentas da qualidade, como o diagrama de Pareto e o diagrama de Ishikawa, desempenham papel vital na identificação, análise e resolução de problemas. O estudo teve como objetivo principal analisar e demonstrar a eficácia das principais ferramentas da qualidade aplicadas na área da fundição. A capacitação dos colaboradores e o engajamento da liderança são fatores determinantes para a efetividade dessas ferramentas, que promovem uma abordagem estruturada na resolução de problemas complexos, facilitando a priorização de causas e a análise aprofundada de fatores contribuintes. O diagrama de Pareto ajuda a identificar as principais causas de rejeições ou falhas, permitindo foco em ações que gerem maior impacto, enquanto o diagrama de Ishikawa possibilita uma investigação detalhada das causas raízes, promovendo ações corretivas mais eficazes. A metodologia desta pesquisa foi bibliográfica e de abordagem qualitativa. Justifica-se esse estudo por entender que a implementação sistemática e integrada das ferramentas da qualidade é essencial para a sustentabilidade e a excelência operacional na indústria de fundição. Recomenda-se que as empresas invistam na formação de equipes capacitadas e promovam uma cultura de inovação e melhoria contínua, garantindo assim maior eficiência, redução de custos e vantagem competitiva no mercado globalizado.

Palavras-chave: Ferramentas da qualidade, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas da Fundição.. .. .	12
Figura 2 – Diagrama de Ishikawa.....	19
Figura 3 – Custos da Não Qualidade na Usinagem na Microinox.....	29
Figura 4 – Análise do Problema.....	30

Sumário

1. OBJETIVOS	120
1.1. OBJETIVO GERAL	120
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	120
2. INTRODUÇÃO	131
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
3.1. Processo de Fundução	12
3.2. Base Conceitual Sobre Qualidade	14
3.3. Diagrama de Pareto.....	17
3.4. Diagrama de Ishikawa	18
3.5. Cultura da Qualidade nas Empresas	20
3.6. Pareto e Ishikawa: Ferramentas da Qualidade na Fundição	22
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
5. RESULTADOS	27
6. CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS.....	35

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GERAL

Realizar uma revisão de literatura para analisar a funcionalidade de duas das principais ferramentas da qualidade aplicadas na área da fundição que são o Diagrama de Pareto e o Diagrama de Ishikawa para demonstrar como potencializar o fluxo de trabalho reduzindo o retrabalho.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Abordar as duas ferramentas conhecidas como Diagrama de Pareto e Diagrama de Ishikawa.
- Investigar a funcionalidade de ambas, enquanto uma identifica e prioriza as causas mais significativas a outra auxilia na análise da causa raiz do problema.
- Apontar os benefícios obtidos em termos de redução de refugo e melhoria na satisfação do cliente e do produto final.
- Discutir a importância de aplicar o Diagrama de Pareto e Ishikawa para garantir a diminuição de erros e retrabalho na área da fundição

2. INTRODUÇÃO

A competitividade e a necessidade incessante de melhoria contínua têm levado as indústrias, especialmente as de fundição, a adotarem metodologias que visam elevar a qualidade dos seus processos produtivos. Nesse contexto, as ferramentas da qualidade têm se mostrado essenciais para a identificação, análise e resolução de problemas vinculados à produção, contribuindo tanto para a redução de defeitos quanto para a diminuição de custos relacionados à não qualidade.

Estudos recentes (Lazzari, 2017; Oliveira et al 2021, Rodrigues, 2023) apontam para a importância dessas ferramentas na reestruturação dos fluxos produtivos e na administração dos indicadores de qualidade, justificando a necessidade de uma abordagem sistemática e estruturada na indústria de fundição. Assim, este trabalho se organiza em quatro capítulos: a introdução, a fundamentação teórica, a metodologia e as conclusões.

A relevância deste estudo reside tanto na contribuição teórica para a área da qualidade quanto na sua aplicabilidade prática, ao apresentar situações onde a implementação de tais ferramentas proporcionou resultados expressivos, como a redução dos índices de refugo e a diminuição dos custos operacionais.

Considerando o cenário atual da indústria, em que a busca pela excelência operacional se torna cada vez mais crítica, a discussão sobre a aplicabilidade do Diagrama de Pareto e Ishikawa se apresenta como um tópico indispensável para a formação de profissionais capacitados para os desafios do mercado (Lazzari, 2017).

Neste trabalho foi realizado uma revisão de literatura e apresentado a eficácia destas ferramentas da qualidade na área da fundição e os ganhos alcançados.

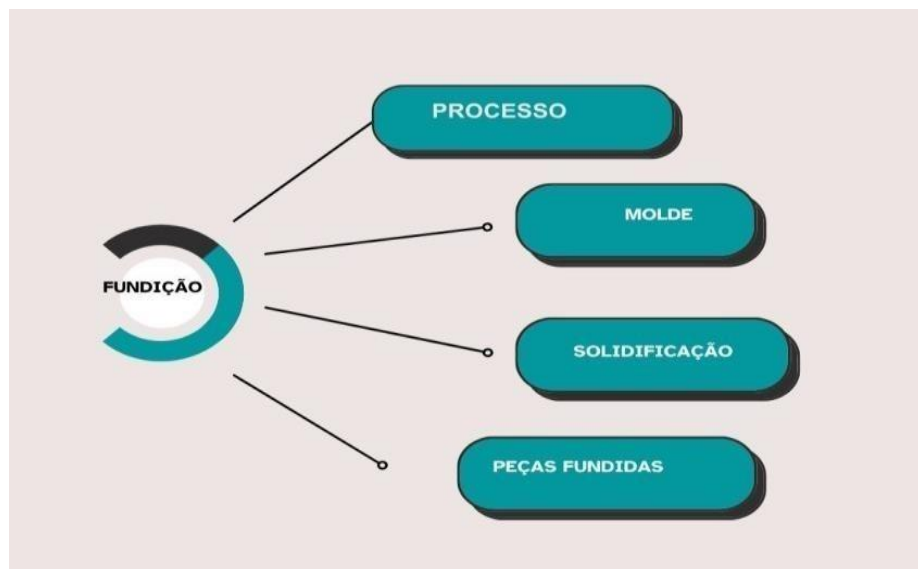
3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Processo de Fundição

Em se tratando de processos produtivos o Diagrama de Pareto e de Ishikawa são amplamente debatidos na literatura especializada. Os mesmos destacam-se como fundamentais para melhorar os processos produtivos e reduzir defeitos. Nos processos produtivos, minimizar erros e aprimorar a linha de produção são fatores cruciais para elevar a qualidade final do produto, diminuir o retrabalho e, conseqüentemente, aumentar a competitividade da empresa (Lazzari, 2017).

A fundição é um processo de fabricação onde metais ou ligas metálicas, em estado líquido, são vertidos em um molde para adquirir a forma desejada após o resfriamento e solidificação (Chiaverini, 1986). Em outras palavras, é um método de transformar metal líquido em objetos sólidos com formatos específicos, utilizando moldes como base, sendo amplamente aplicados em diversas indústrias, como a automobilística e a construção. Esse processo envolve várias etapas, como ilustrado na figura 1.

Figura 1. Etapas da Fundição



Fonte: Autor (2025)

Como Chiaverini (1986) destaca, a fundição é um dos processos de fabricação mais antigos e amplamente utilizados na indústria metalúrgica, especialmente quando se busca produzir peças específicas, complexas e com um alto aproveitamento de material. O princípio fundamental desse processo é aquecer um metal até que ele atinja sua temperatura de fusão, vertendo-o em um molde com a forma desejada, permitindo que ele solidifique e assume a geometria interna desse molde (Callister, 2016). Segundo Kalpakjian e Schmid (2018), os moldes utilizados na fundição podem ser permanentes ou descartáveis e são feitos de diversos materiais, como areia, cerâmica ou ligas metálicas, dependendo do tipo de peça a ser produzida de acordo com o tipo de liga metálica fundida.

Já no processo de resfriamento e a solidificação é um dos fatores mais críticos do processo. Campbell (2015) destaca que a forma como o metal preenche o molde, a velocidade de resfriamento e a formação de grãos influenciam diretamente as propriedades finais da peça, como resistência mecânica, dureza e tenacidade. Além disso, defeitos típicos como porosidades, trincas e inclusão de gases estão frequentemente relacionados ao controle inadequado dessas variáveis por isso a necessidade de implementação do diagrama de Ishikawa já no início do processo de fundição.

Davis (2008) ressaltou como se deve otimizar o processo de fundição e evitar falhas recorrentes na produção em escala industrial o que corrobora com Chiaverini (1986) quando indica que devem ser seguidas todas as etapas visando a redução de falhas na produção até chegar no controle da qualidade, por isso se destaca que o Diagrama de Pareto pode mostrar as causas mais frequentes e impactantes que demandam atenção.

No contexto de uma fundição, onde a qualidade do produto final depende de uma série de fatores complexos e interdependentes, a utilização dessas ferramentas contribui para a estabilidade dos processos, a redução de retrabalhos e desperdícios, além de elevar a satisfação do cliente. Dessa forma, a aplicação consciente e estratégica do Diagrama de Pareto e do Ishikawa torna-se uma poderosa aliada na busca pela excelência operacional, promovendo resultados sustentáveis e competitivos no mercado (Machado, 2012, Lazzari, 2017).

Dessa forma, evidencia-se que o sucesso da fundição está diretamente relacionado ao domínio das variáveis em seu processo de produção. Tais aspectos são importantes para garantir peças com desempenho funcional adequado e com os

menores índices de retrabalho ou rejeição, por isso implementar as ferramentas de qualidade é parte decisiva no processo de fundição (Machado, 2012).

3.2. Base Conceitual Sobre Qualidade

Nesse âmbito, a compreensão da qualidade como uma característica do processo, conforme salientado por Juran (1997), reforça a necessidade de monitoramento contínuo e aprimoramento constante. Para ele, a qualidade deve ser incorporada ao próprio funcionamento do processo, de modo que suas variantes sejam controladas até atingir níveis de mínima variabilidade e defeitos, garantindo assim a conformidade do produto.

Neste sentido o uso das ferramentas da qualidade representa um conjunto de métodos, técnicas e procedimentos essenciais para a identificação, análise e resolução de problemas nos processos de produção, visando não apenas a satisfação do cliente, mas também compreender como melhorar a eficiência operacional (Machado, 2012).

Ao expandir essa perspectiva, Ishikawa (1993) apresenta a qualidade como um conceito processual, que está sempre em evolução e requer uma mudança de mentalidade dos colaboradores para que melhorias possam ser efetivamente implementadas.

Essa visão reforça a importância de selecionar e aplicar pelo menos 02 (duas) ferramentas de controle de qualidade capazes de detectar desvios precocemente, permitindo intervenções preventivas, tais como os diagramas de Pareto e Diagrama de Ishikawa estudados nesta pesquisa. Nesse sentido, Lazzari (2017) destaca que a efetividade dessas ferramentas contribui para garantir a estabilidade e a confiabilidade dos processos, além de minimizar retrabalhos e desperdícios. Assim, a utilização de instrumentos que promovam a detecção de desvios em fases iniciais do processo torna-se fundamental para a manutenção da qualidade, alinhando-se ao conceito de melhoria contínua.

Complementando a análise Toledo et al. (2012) argumentam que a qualidade eficaz não se limita à inspeção final ou ao controle de produtos acabados, mas deve envolver um método preventivo e sistemático. Deste modo, o Diagrama de Pareto auxilia facilitando a identificação de áreas que precisam de mais atenção.

Essa abordagem se apoia em instrumentos estatísticos e análises que possibilitam a identificação de problemas subjacentes a ocorrências aparentes, promovendo uma gestão mais proativa e eficaz. Dessa forma, a integração dessa ferramenta na gestão da qualidade atua como um elemento facilitador na tomada de decisões baseadas em fatos concretos, contribuindo para o aprimoramento contínuo dos processos (Lazzari, 2017).

Por fim, a importância de detectar desvios de forma contínua, precisa e antecipada é reiterada por Chiaverini (1986) e Machado (2012), que defendem que os problemas devem ser identificados nas fases iniciais do processo, o que se encaixa perfeitamente com o uso do Diagrama de Ishikawa no processo de fundição ao identificar causas raízes de problemas específicos que vão surgindo no início da linha de produção da fundição.

Essa abordagem preventiva assegura intervenções tempestivas e evita que as falhas comprometam a conformidade do produto, alinhando-se ao princípio de que a qualidade deve ser intrínseca ao próprio processo. Assim, a integração de ferramentas de qualidade eficazes não apenas favorece a gestão estratégica, mas também sustenta o ciclo de melhoria contínua, promovendo produtos e processos cada vez mais confiáveis e alinhados às expectativas do mercado (Juran, 1997).

Nesse contexto, o emprego dos diagramas de Pareto e Ishikawa possibilitam a detecção precoce de desvios e a eliminação de causas raízes é fundamental para garantir a estabilidade e a confiabilidade dos processos a fim de evitar o retrabalho (Lazzari, 2017).

Para Lazzari (2017, pag. 40) “toda ferramenta tem uma função específica, algumas priorizam ações, outras servem para listar causas e efeitos”. Justamente por isso de acordo com Feigenbaum (1994) implementar ações ou ferramentas desempenham um papel fundamental na identificação, análise e resolução de problemas, contribuindo para a qualidade da organização e melhoria contínua dos processos organizacionais. Elas oferecem uma abordagem estruturada e sistemática que permite às empresas monitorar suas operações, detectar desvios e implementar ações corretivas de forma eficiente e eficaz.

A seguir, para fins de ilustração apresentam-se sucintamente algumas das ferramentas da qualidade mais utilizadas na melhoria dos processos produtivos em geral:

- Dentre as ferramentas mais utilizadas, destaca-se o diagrama de causa e efeito, também conhecido como diagrama de Ishikawa ou espinha de peixe. Essa ferramenta auxilia na identificação das causas raízes de um problema, promovendo uma análise detalhada das possíveis origens do evento indesejado (Carpinetti, 2012). Sua aplicação facilita a visualização das relações entre causas e efeitos, promovendo uma compreensão mais clara das questões que precisam ser resolvidas na área da fundição.
- Outra ferramenta essencial é o gráfico de controle, que possibilita o monitoramento de variáveis de processo ao longo do tempo na produção. Através dele, é possível detectar variações que estejam fora dos limites estabelecidos, indicativos de problemas que requerem atenção. Assim, o gráfico de controle é fundamental para garantir a estabilidade do processo e assegurar a qualidade do produto ou serviço oferecido (Lazzari, 2017)
- Para Lazzari (2017) o histograma, por sua vez, fornece uma representação visual da distribuição de dados, permitindo a análise da variabilidade de um processo. Essa ferramenta ajuda a identificar padrões, tendências e dispersões, contribuindo para a tomada de decisões informadas na busca pela melhoria da qualidade.
- O Diagrama de Pareto, baseado no princípio de 80/20, é uma ferramenta que prioriza problemas ou causas com maior impacto, facilitando a concentração de esforços nas áreas mais críticas (Rodrigues et al, 2023).
- Por fim, o diagrama de fluxo ou fluxograma é amplamente utilizado para mapear processos, identificar etapas redundantes ou desnecessárias e propor melhorias. Essa ferramenta proporciona uma visão clara do procedimento, facilitando a análise e a otimização do fluxo de trabalho (Lazzari, 2017).

Justamente pelas funcionalidades Moura & Rodrigues (2019) apontam que para auxiliar na redução dessas perdas existem ferramentas da qualidade, que são utilizadas eficazmente pois conseguem indicar possibilidades e estratégias para amenizar os problemas encontrados, diminuindo o desperdício para as empresas e assegurando a qualidade dos produtos para os clientes.

Entre as ferramentas disponíveis, o Diagrama de Pareto e o Diagrama de Ishikawa se destacam por sua eficácia na identificação e análise de causas de

problemas, contribuindo para a tomada de decisões mais assertivas e para a otimização de processos.

3.3. Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto, também conhecido como gráfico de barras de Pareto ou regra 80/20, é um recurso visual que ajuda a identificar os fatores e causas que mais contribuem para um determinado problema ou efeito (Juran, 1999). O seu uso remonta ao economista italiano Vilfredo Pareto, que observou que cerca de 80% da riqueza de um país estava nas mãos de 20% da população (Machado, 2012).

O Diagrama de Pareto pode, por meio de um gráfico e com dois agrupamentos de dados, apresentar a visão com as causas relevantes para o problema, apresentando da mais frequente ou impactante até a menos prejudicial. A construção do diagrama se inicia com a coleta de dados relacionados a causas ou problemas identificados.

Os dados então são classificados e ordenados em ordem decrescente de frequência ou impacto (Oliveira, 2018). Os valores são representados por barras horizontais ou verticais, possibilitando visualizar rapidamente quais são as principais causas. Além das barras, muitas versões do gráfico incluem uma linha que representa a soma cumulativa, permitindo ao analista identificar com facilidade quais causas representam a maior parte do problema (Oliveira, 2018). De acordo com Machado (2012), essa ferramenta é especialmente útil na fase de análise das causas, possibilitando que a equipe concentre esforços na resolução das questões.

Por exemplo, em uma fábrica de produção, ao analisar as razões de defeitos em produtos, o Diagrama de Pareto pode revelar que a maioria dos defeitos é causada por apenas alguns fatores, como falhas na máquina, materiais de baixa qualidade ou erro humano, orientando assim ações direcionadas para esses pontos específicos (Oliveira, 2018).

O Diagrama de Pareto auxilia na visualização das causas mais recorrentes ou mais impactantes dos defeitos, permitindo que os esforços de melhoria sejam direcionados de maneira eficiente. Ao utilizar essa ferramenta, a equipe pode concentrar-se naquelas fontes de problemas que representam a maior parcela dos defeitos, otimizando o uso de recursos e acelerando os resultados positivos.

3.4. Diagrama de Ishikawa

Por outro lado, o Diagrama de Ishikawa, também denominado Diagrama de Espinha de Peixe ou Diagrama de Causa e Efeito, é um instrumento que tem a finalidade de reconhecer, com sistematização, as causas possíveis de um problema ou efeito indesejado. Sua formatação é similar a um esqueleto de peixe, com uma linha horizontal principal que representa o problema central e várias linhas diagonais (espinhas) que representam categorias de causas (Ishikawa, 1993).

Cada espinha pode ainda indicar causas secundárias, de certa forma se assemelha a uma árvore de causas. Para Carpinetti (2012) essa configuração favorece a análise detalhada e colaborativa, pois facilita a participação de vários membros da equipe na procura pelas causas da problemática analisada.

Para Ishikawa, (1993) a construção do Diagrama de Ishikawa parte da definição clara do problema ou do efeito a ser investigado. Assim, as categorias de causas podem variar, de acordo com cada caso, trazendo fatores como pessoas, máquinas, métodos, materiais, meio ambiente e medição, entre outros.

Essa ferramenta é conhecida por facilitar e ajudar o processo de brainstorming nos grupos de trabalho, digo, só assim encontra-se causas possíveis dentro de cada categoria analisada, essa ferramenta estimula uma abordagem holística, permitindo que causas evidentes sejam consideradas pertinentes.

Uma vez elaborado, o diagrama torna-se uma ferramenta de discussão e análise, auxiliando a equipe a identificar as causas raízes do problema, as quais podem ser as responsáveis em grande parte pelos problemas ou pela insatisfação do cliente (Carpinetti, 2012).

A relevância destas ferramentas na gestão da qualidade é inegável. Elas favorecem uma abordagem estruturada e sistemática na solução de problemas possibilitando que a equipe de trabalho esteja mais integrada (Chiavenato, 2015).

O Diagrama de Ishikawa, ou também chamado de espinha de peixe, oferece uma abordagem sistemática para investigar as possíveis causas dos problemas identificados. Ele organiza as causas potenciais em categorias, como materiais, métodos, máquinas, mão de obra, meio ambiente e medição, facilitando uma análise abrangente e estruturada (Ishikawa, 1993).

Em uma fundição, essa ferramenta é particularmente valiosa, pois permite explorar fatores complexos que podem contribuir para a ocorrência de defeitos, desde irregularidades nos materiais de matéria-prima até variações nos processos de fundição ou manutenção das máquinas.

Na prática, ao construir o diagrama, a equipe consegue mapear de forma sistemática fatores relacionados a diferentes categorias, como materiais utilizados, condições das máquinas, métodos de operação, fatores ambientais, além de fatores humanos e de medição.

Figura 2. Diagrama de Ishikawa



Fonte: Andrade (2020)

Uma ferramenta de análise de causas, como o Diagrama de Ishikawa, desempenha um papel fundamental na identificação e resolução de problemas no processo de fundição. Este método permite uma visualização clara e organizada das possíveis causas que podem estar contribuindo para um determinado defeito ou falha.

Na fundição, onde diversos elementos interagem de forma complexa, essa abordagem se torna essencial. Ela ajuda a detectar causas raízes que podem não ser imediatamente evidentes, promovendo uma análise holística do processo. Por exemplo, problemas como porosidade, trincas ou irregularidades na peça fundida podem estar relacionados a variações nos materiais, ajustes inadequados nas

máquinas ou até mesmo condições ambientais que influenciam o resfriamento e solidificação do metal. Ao aplicar o diagrama, a equipe consegue visualizar todos esses fatores de maneira integrada, facilitando a identificação de pontos críticos que precisam de atenção.

Além disso, o uso do Diagrama de Ishikawa na fundição incentiva a participação de diferentes membros da equipe, promovendo uma abordagem colaborativa e de brainstorming. Contribui, ainda, para o desenvolvimento de uma cultura de melhoria contínua, onde a análise objetiva e baseada em fatos deve ser sua prioridade, pois, sua utilização sistemática permite à organização reconhecer padrões, aprimorar os processos e reduzir custos, aumentando assim o nível de satisfação dos clientes e da competitividade no mercado (Machado, 2012)

3.5. Cultura da Qualidade nas Empresas

A aplicação prática dessas duas ferramentas é ampla e abrange diversos contextos, especialmente no ambiente industrial. Por exemplo, o Diagrama de Pareto desempenha um papel fundamental na priorização de ações corretivas ao evidenciar quais causas ou problemas devem ser tratados com maior urgência, contribuindo para uma alocação eficiente de recursos. Segundo Oliveira (2018), essa ferramenta permite que as equipes identifiquem rapidamente os fatores mais impactantes, facilitando uma abordagem direcionada e eficaz.

Por outro lado, o Diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito, é particularmente valioso não apenas na fase de diagnóstico, mas também na análise aprofundada das causas potenciais de problemas complexos. Ao promover a colaboração entre diferentes setores e especialistas, essa ferramenta favorece uma compreensão mais completa das origens dos problemas, como destacado por Carpinetti (2012).

Além de sua utilização isolada, essas duas ferramentas podem ser empregadas de forma complementar: inicialmente, o Diagrama de Pareto identifica as principais causas de um problema, permitindo uma focalização eficiente. Em seguida, o Diagrama de Ishikawa é utilizado para explorar as causas raízes específicas dessas questões, especialmente no aspecto técnico.

Contudo, a eficácia do uso dessas duas ferramentas citadas acima depende significativamente de aspectos organizacionais, como a cultura de qualidade, o

engajamento dos colaboradores e a capacitação contínua. Lazzari (2017) ressalta que um ambiente organizacional favorável é essencial para que essas metodologias tragam resultados efetivos. Para que a detecção e resolução de problemas sejam realmente eficientes, é imprescindível que a organização cultive uma cultura de transparência, aprendizado e melhoria constante, na qual todos os níveis hierárquicos participem ativamente do processo de controle de qualidade, como enfatizado por Machado (2012).

A capacitação dos colaboradores na utilização adequada das ferramentas da qualidade garante maior eficiência organizacional, além de promover a autonomia na resolução de problemas (Oliveira, 2018). Assim, a implementação efetiva dessas ferramentas deve ser acompanhada de ações de formação e de incentivo à participação ativa de todos os envolvidos nos processos produtivos. (Chiavenato, 2014).

Lazzari (2017) aponta que a combinação de uma abordagem técnica, baseada na detecção contínua e eficaz de desvios, com uma cultura organizacional voltada para a qualidade, constitui o alicerce para o sucesso na aplicação das ferramentas da qualidade na indústria de fundição. Essa integração possibilita não apenas a identificação rápida de causas de problemas, mas também a implementação de ações corretivas e preventivas que asseguram a estabilidade e a excelência dos processos, promovendo uma melhoria contínua sustentável e alinhada às exigências de mercados cada vez mais competitivos (Oliveira, 2018).

Tais ferramentas, amplamente discutidas na literatura especializada, são essenciais para a melhoria dos processos produtivos e para a redução de defeitos em uma linha de produção. Essa discussão teórica estabelece uma base sólida para o entendimento das práticas de melhoria da qualidade na indústria de fundição.

A integração do Diagrama de Pareto e Ishikawa como ferramentas estruturadas pode indicar o sucesso das iniciativas de qualidade, formando um conjunto de estratégias que se complementam e geram resultados positivos em ambientes produtivos complexos (Machado, 2012). É importante destacar que a eficácia das ferramentas da qualidade não depende apenas de sua implementação técnica, mas também de aspectos organizacionais e culturais (Machado, 2012).

A adesão dos colaboradores e a capacitação dos gestores são fatores críticos para o êxito dos programas de melhoria, conforme enfatizado por diversos autores (Lazzari, 2018; Schneider, 2017).

A aplicação dos conceitos e das ferramentas da qualidade podem ser adaptados a diferentes contextos dentro da indústria, inclusive de fundição, desde pequenas oficinas até grandes plantas industriais. Dessa forma, a flexibilidade desses métodos torna-os indispensáveis para a compreensão dos problemas e na definição de ações corretivas e preventivas (Lazzari, 2017).

O uso das ferramentas da qualidade impulsiona a cultura de aprendizado organizacional (Chiavenato, 2015). Através da análise contínua dos processos, as empresas conseguem mapear seus pontos fortes e identificar oportunidades para aperfeiçoamento, o que contribui para a competitividade do setor de fundição em um mercado globalizado, como no caso deste estudo indica-se o Diagrama de Pareto e de Ishikawa como impulsionadores para melhorias na produção.

Em síntese, as ferramentas da qualidade são instrumentos essenciais para a promoção de um ambiente produtivo mais eficiente e eficaz e para estabelecer a cultura da qualidade como uma estratégia organizacional (Chiavenato, 2015; Juran, 1999). Pois possibilitam a identificação dos fatores críticos de desempenho e a implementação de medidas que conduzem à excelência operacional no ambiente produtivo.

3.6. Pareto e Ishikawa: Ferramentas da Qualidade na Fundição

A análise das ferramentas da qualidade na fundição constitui-se como um elemento fundamental para a busca por processos mais eficientes, econômicos e com menor índice de defeitos como diz Lazzari (2017) nesse contexto, técnicas como o Diagrama de Pareto e o Diagrama de Ishikawa desempenham um papel crucial na identificação das causas raízes dos problemas, permitindo uma abordagem sistemática para a melhoria contínua.

A utilização dessas ferramentas na fundição, um setor caracterizado por processos complexos e variáveis, possibilita uma compreensão aprofundada das principais fontes de desperdício e não conformidades, promovendo ações corretivas direcionadas e eficazes (Rodrigues et al, 2023).

Além disso, a aplicação de tais instrumentos aliados a uma análise detalhada dos dados contribui para a otimização dos processos, redução de custos e incremento na qualidade final do produto.

A aplicação das ferramentas da qualidade, como o Diagrama de Pareto e o Diagrama de Ishikawa, desempenha um papel fundamental na otimização dos processos e na redução de defeitos em fundições. Essas ferramentas possibilitam uma análise detalhada dos problemas, contribuindo para a identificação das causas raízes e priorização de ações corretivas eficazes.

O diagrama de Pareto, por exemplo, é uma ferramenta que permite identificar os principais fatores que contribuem para a ocorrência de problemas, classificando-os por ordem de relevância. Conforme demonstrado por Lazzari (2018), a aplicação desse método na Microinox Fundição de Precisão e Usinagem Ltda. proporcionou a identificação de pontos críticos que impactavam significativamente os índices de refugo.

O Diagrama de Pareto, muitas vezes chamado também de 80/20, baseia-se na premissa de que a maioria dos problemas decorre de uma minoria de causas. Na prática, esse método permite priorizar as ações de melhoria ao identificar quais defeitos ou causas são responsáveis pela maior parte dos problemas detectados na produção de fundição. Por exemplo, uma análise de causas de rejeições por falhas de acabamento pode revelar que uma porcentagem relativamente pequena de causas, como problemas na moldagem ou na usinagem, representa a maior parte das rejeições (Lazzari, 2017; Rodrigues et al, 2023).

Essa ferramenta facilita a alocação de recursos de forma eficiente, concentrando esforços nas causas que trarão maior impacto na resolução dos problemas. Por isso, a implementação do diagrama de Pareto na rotina da fundição ajuda a estabelecer metas claras de melhoria e a monitorar o progresso ao longo do tempo, promovendo uma cultura de qualidade e responsabilidade contínua (Oliveira, 2018), por outro lado, o Diagrama de Ishikawa, também chamado como diagrama de causa e efeito ou espinha de peixe, complementa essa análise ao oferecer uma visão sistemática das possíveis causas de um problema específico (Carpinetti, 2012).

Sua aplicação na fundição permite uma investigação detalhada, considerando analisar mais categorias como materiais, métodos, máquinas, mão de obra, meio ambiente e medição. Por exemplo, ao identificar falhas na superfície de uma peça fundida, o diagrama pode ajudar a explorar se o problema está relacionado a parâmetros de temperatura, qualidade do molde ou procedimentos de operação (Lazzari, 2017).

Essa abordagem visual e estruturada facilita a comunicação entre equipes multidisciplinares, promovendo uma compreensão compartilhada do problema e uma busca colaborativa pela solução. Além disso, o uso do Ishikawa incentiva uma análise aprofundada, evitando soluções superficiais e promovendo melhorias sustentáveis no processo produtivo (Lazzari, 2017).

A integração dos Diagrama de Pareto e Ishikawa na rotina da fundição, aliado ao uso de dados confiáveis e à capacitação das equipes, potencializa os resultados obtidos. A análise sistemática de causas e efeitos, combinada com a priorização de problemas, permite uma abordagem mais estratégica e assertiva para a resolução de não conformidades.

Essa prática, por sua vez, reflete-se em uma redução significativa de retrabalhos, desperdícios além de fornecer produtos com maior conformidade e qualidade (Rodrigues et al, 2023). Em suma, a aplicação eficiente dessas ferramentas da qualidade na fundição é um diferencial competitivo que contribui para a sustentabilidade do negócio (Lazzari, 2017).

A combinação do Diagrama de Pareto e do Diagrama de Ishikawa permite uma abordagem holística na análise de problemas, facilitando a identificação de causas raízes, priorização de ações corretivas e implementação de melhorias sustentáveis.

Ao integrar essas duas ferramentas, a equipe de trabalho ligada a qualidade consegue estabelecer um ciclo de análise e ação mais robusto. Primeiramente, o Diagrama de Pareto identifica quais causas merecem maior atenção, enquanto o Diagrama de Ishikawa aprofunda a investigação dessas causas específicas, levantando hipóteses e evidências que podem ser testadas e verificadas. Essa abordagem sistemática não só reduz a quantidade de defeitos produzidos, mas também promove uma cultura de melhoria contínua, onde a análise de dados e a compreensão das causas raízes se tornam parte do cotidiano operacional.

Em suma, o Diagrama de Pareto e o Diagrama de Ishikawa representam duas faces de uma mesma moeda na área da gestão da qualidade. Enquanto o primeiro fornece uma visão rápida e clara das causas mais relevantes de um problema, o segundo oferece uma análise aprofundada e detalhada das possíveis causas raízes (Machado, 2012). Por isso, como corrobora com Feigenbaum (1994) qualidade é responsabilidade de todos os setores de uma organização portanto, torna-se importante promover a mudança de mentalidade em busca de melhores resultados.

Assim, as empresas do setor podem alcançar maior eficiência operacional, redução de custos e aprimoramento da qualidade, consolidando-se como referências em um mercado cada vez mais exigente e competitivo. Portanto, como ressalta Chiavenato (2015) investir na capacitação de equipes para o uso adequado dessas ferramentas e promover uma cultura de dados e melhorias contínuas são passos essenciais para garantir o sucesso a longo prazo na fundição moderna.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada neste estudo possui uma abordagem predominantemente bibliográfica, fundamentada na revisão de literatura, buscas em sites de pesquisas como Google Acadêmicos e artigos científicos que possuem um foco na aplicação prática de ferramentas específicas no setor de fundição, nomeadamente o Diagrama de Pareto e o Diagrama de Ishikawa.

O principal objetivo dessa abordagem é atender aos objetivos da pesquisa, que consistem em analisar detalhadamente a funcionalidade de ambas as ferramentas, destacando suas contribuições na identificação, priorização e análise das causas de problemas nos processos produtivos da indústria de fundição.

De acordo com Marconi e Lakatos (2015), a escolha de uma abordagem metodológica deve privilegiar a pesquisa qualitativa, baseada na análise crítica de fontes acadêmicas e técnicas. Assim, este estudo realizou uma consulta a livros, artigos científicos, teses e demais publicações acadêmicas até o ano de 2023, com o propósito de compreender os conceitos, aplicações práticas e benefícios associados ao uso do Diagrama de Pareto e do Diagrama de Ishikawa no contexto da fundição.

A investigação também incluiu uma análise de fundamentações teóricas clássicas, complementadas por estudos recentes que evidenciam a relevância dessas ferramentas para a promoção da melhoria contínua dos processos produtivos. Dessa forma, a metodologia visa consolidar uma compreensão aprofundada e atualizada das ferramentas, permitindo uma análise crítica de suas funcionalidades e benefícios, especialmente nos aspectos de redução de refugo e aumento da satisfação do cliente e do produto final.

Em suma, a estratégia metodológica adotada buscou fundamentar teoricamente a pesquisa, alinhando-se às recomendações de Marconi e Lakatos, de modo a oferecer uma base sólida para a discussão e a análise dos resultados obtidos

nesta investigação, sempre com foco na contribuição para a melhoria da qualidade na indústria de fundição.

Um dos materiais utilizados no estudo demonstra uma pesquisa realizada em uma Oficina de Fundição Artesanal de Peças em Alumínio em Abaetetuba-PA. De acordo com (Rodrigues.et al.2023), está Oficina fabrica peças artesanais em Alumínio, como: tigelas, xicaras, pratos, colheres, frigideiras, peças para motores e tarugos, que na sua maioria são destinados para venda na feira da cidade, com exceção dos tarugos e peças para motores que são feitos sob encomendas.

Esses utensílios são fabricados utilizando formas moldadas com terra preta em caixas de madeira, onde o alumínio é depositado em sua forma líquida, depois de ter sido aquecido em um forno. Também para realizar o acabamento das peças é utilizada uma máquina para lixar, serra elétrica, furadeira e ferramentas manuais (Rodrigues.et al.2023). Além disso, o autor ressalta que a matéria-prima utilizada para a confecção dos produtos é proveniente de material reciclado comprado em sucaterias.

Diante disso, foi feito uma análise para observar as principais causas do índice de retrabalho utilizando as ferramentas da qualidade como Diagrama de Ishikawa que identificou alguns problemas relacionados, como a falta de padronização das atividades, falta de equipamentos adequados para o processo, caixas antigas para as formas, maquinários antigos e suscetível a intemperes da natureza (Rodrigues.et al.2023).

O diagrama mostra que a falta de padronização das atividades é uma das consequências que gera o retrabalho, pois após a utilização dos materiais de fabricação, os colaboradores em sua maioria, não organizam o seu espaço de trabalho, não guardam os utensílios em lugares adequados, além dos maquinários ser antigo com pouca capacidade produtiva, que precisa de ajuste durante a produção de determinadas peças, também necessita de adaptação para realizar outra função.

Por fim, ressalta-se os materiais, agente causador do retrabalho, tais como caixas usadas para formas, são de madeira e apresentam oscilações, e estão deterioradas pelo tempo de uso (Rodrigues.et al.2023).

Por outro lado, também foi utilizado o Diagrama de Pareto, que observou-se que o problema do alinhamento das caixas ocasionou o maior índice de peças defeituosas, configurando este como o principal problema do processo e posteriormente as falhas relacionadas a terra, como: terra muito seca, impurezas de alumínio e por último erros ocasionados pelos operadores (Rodrigues.et al.2023).

Diante deste quadro, o autor utilizou mapa de processos da empresa e análise das causas raízes do problema, utilizando os diagramas de Ishikawa e Pareto, assim, foi possível realizar um plano de melhorias, que teve por objetivo reduzir as causas raízes que tinham maior impacto no problema principal, dessa forma, a manutenção das caixas, a verificação e inspeções da qualidade da matéria-prima e a organização e reformas no ambiente físico, proporcionariam uma melhoria significativa para o problema analisado (Rodrigues et al. 2023).

Diante dos fatos supracitados, foi evidenciado a importância das duas ferramentas da qualidade na indústria de fundição, para tanto, é imprescindível que as empresas, principalmente as de fundição invistam na formação de equipes capacitadas e promovam uma cultura de inovação e melhoria contínua, dessa forma, elas podem contribuir com mais eficiência, qualidade nos processos e possivelmente obter resultados expressivos.

5. RESULTADOS

Os resultados analisados foram obtidos através da revisão bibliográfica de outros artigos científicos, a fim de demonstrar a importância e os impactos positivos da implementação das ferramentas do Diagrama de Pareto e Diagrama de Ishikawa em um processo de fundição.

Souza & Roberto (2023) em um estudo experimental foi realizado no setor de produção, na área de processo de fundição uma empresa localizada no Polo Industrial De Manaus. O estudo teve como objetivo avaliar a aplicação das ferramentas da qualidade, especificamente o Diagrama de Ishikawa no acompanhamento do processo de fundição de uma empresa. Para análise de conformidade as amostras foram coletadas aleatoriamente do material fundido, após o tratamento térmico, e submetidas a diversos testes para identificação de não conformidades realizados em máquina universal de ensaio, com o objetivo de quantificar as propriedades do material e identificar possíveis falhas no processo.

A análise dos resultados apresentou a presença de óxidos e porosidades nas peças, o que indicou possíveis problemas na qualidade do processo de fundição. Os testes mecânicos forneceram dados quantitativos que auxiliaram na avaliação da integridade estrutural das peças produzidas. Para entender as causas desses defeitos, utilizou-se o Diagrama de Ishikawa, que possibilitou a categorização das

possíveis origens dos problemas em seis categorias: método, matéria-prima, mão de obra, máquinas, medição e meio ambiente. Essa abordagem permitiu uma análise sistemática das possíveis causas, facilitando a identificação dos fatores mais influentes na ocorrência de óxidos e porosidade.

Complementarmente, foi aplicada a análise de Pareto para priorizar as causas mais relevantes, concentrando esforços nas questões que representaram a maior incidência de não conformidades. A combinação dessas ferramentas contribuiu para uma compreensão aprofundada do processo o que possibilitou as ações corretivas direcionadas para as causas mais urgentes e críticas assim, a implementação dessas ferramentas mostrou-se eficaz na identificação e na redução das principais fontes de defeitos, promovendo melhorias no controle de qualidade do processo de fundição.

Essa troca de conhecimentos contribui para uma compreensão mais aprofundada do processo e para a geração de soluções mais eficazes. Uma vez elaborado, o diagrama serviu como uma ferramenta de discussão que orientou ações corretivas, melhorias nos processos e ajustes nas variáveis de operação, garantindo maior controle e qualidade na produção.

Nesse estudo experimental de Souza e Roberto (2023) foi demonstrado que integrar o uso do diagrama de causa e efeito na gestão da fundição não apenas facilita a detecção de problemas, mas também aprimora a capacidade da equipe de solucionar de forma rápida e eficiente, promovendo melhorias contínuas no processo produtivo. Assim, essa ferramenta se torna indispensável para garantir a qualidade do produto final, reduzindo retrabalhos, desperdícios e insatisfação do cliente, além de promover uma cultura de análise sistemática e preventiva dentro da organização.

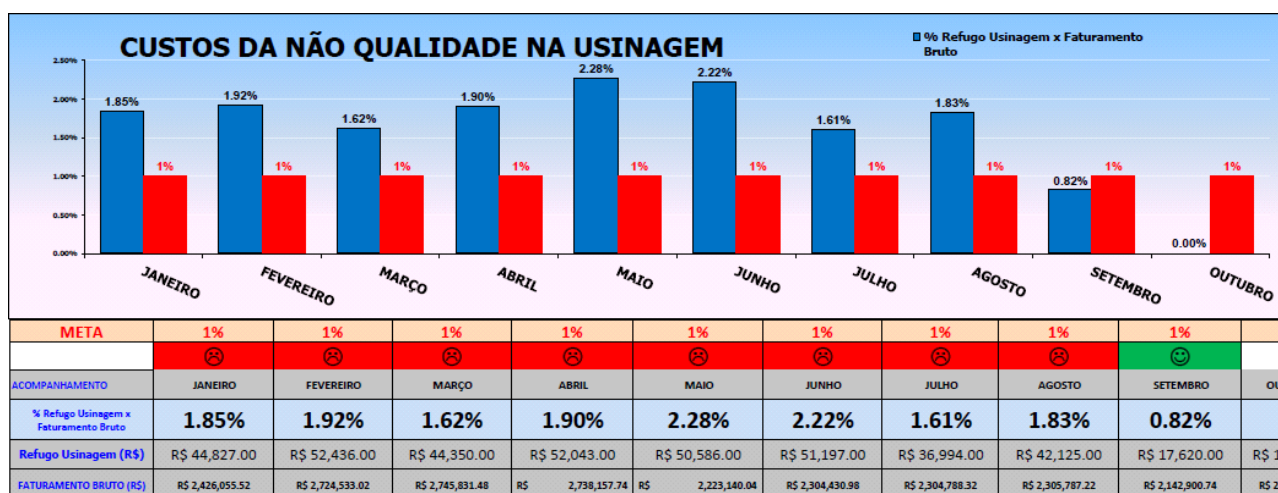
Em outro estudo Lazzari (2017) investigou a aplicação de ferramentas da qualidade, especificamente o diagrama de Pareto, o diagrama de Ishikawa e também usou o controle estatístico de processo, no acompanhamento do processo de fundição na empresa Microinox Fundição de Precisão e Usinagem. A implementação dessas metodologias visou identificar e solucionar as causas dos defeitos de usinagem, promovendo uma abordagem sistemática para melhoria contínua. A estratégia adotada envolveu a coleta de hipóteses geradoras de defeitos por meio de sessões de brainstorming com colaboradores de diferentes setores, permitindo uma ampla identificação dos fatores que contribuíam para problemas na produção.

Nessa pesquisa também se achou os defeitos mais relevantes e foram analisados através do método 8D, juntamente uso do diagrama de Ishikawa para

mapear as possíveis causas raízes. Essa abordagem facilitou a descoberta dos fatores principais responsáveis pelos defeitos, possibilitando ações corretivas direcionadas.

A experiência prática consolidou a teoria, evidenciando que a combinação dessas 2 ferramentas promove uma gestão mais eficiente da qualidade na produção de peças fundidas. A metodologia desenvolvida mostrou-se eficaz na identificação precoce de falhas e na implementação de ações corretivas, sendo passível de aplicação em outros setores da empresa.

Figura 3. Custos da Não Qualidade na Usinagem na Microinox



Fonte: Lazzari (2017) adaptado de Microinox

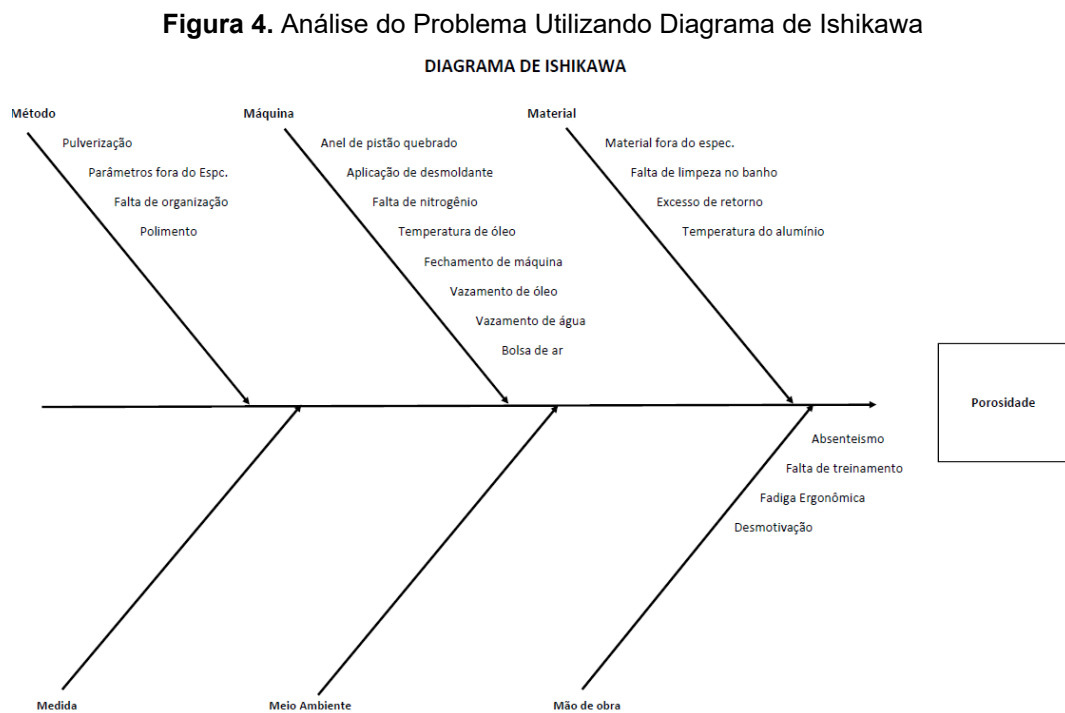
Em conformidade com o planejamento da Microinox, o sistema de apontamento das perdas na cadeia de produção foi reestruturado, permitindo uma identificação mais precisa das principais ocorrências e dos momentos ou etapas do processo em que os defeitos acontecem. Este indicador tem como meta manter-se abaixo de 1% em relação ao faturamento bruto da empresa, meta essa que foi atingida apenas no mês de setembro, conforme ilustrado na figura 3 (Lazzari, 2017).

Assim, o estudo reforça a importância de uma abordagem integrada e sistemática para o controle da qualidade na fundição, contribuindo para a melhoria contínua dos processos e redução de custos relacionados à não conformidade.

No estudo de Morais, Morais & Santos (2021) a metodologia adotada teve como objetivo principal identificar e reduzir os fatores que contribuíam para a alta taxa de refugo no processo de injeção de alumínio, buscando melhorias contínuas na eficiência produtiva e na qualidade do produto final. Inicialmente, foi realizado um

levantamento detalhado do fluxo do processo, com ênfase na operação crítica responsável pela geração de refugos, o que permitiu detectar que a injeção sob pressão era o ponto de maior incidência de defeitos, especialmente porosidade nas peças.

Com base nesses dados identificou-se que o percentual de refugo médio no período considerado era de aproximadamente 19,81%, muito acima do limite aceitável de 6% estabelecido pela própria organização. Para compreender melhor as causas desse problema, foi construído um plano de ação com o objetivo de promover ações coordenadas e eficazes, entre elas se aplicou Diagrama de Ishikawa. A partir da análise do Diagrama de Ishikawa, foram priorizadas as causas mais críticas, o que permitiu direcionar ações específicas para os pontos mais problemáticos do processo de injeção, como ajustes no ferramental e controle de parâmetros de operação como mostra na figura 4:



Fonte: Marais, Morais & Santos (2021) adaptado pelo Autor

Foram implementadas melhorias técnicas no ferramental e realizadas ações de acompanhamento contínuo, com o objetivo de verificar a efetividade dessas intervenções. Os resultados mostraram uma tendência de queda progressiva no percentual de refugos, chegando ao nível aceitável de 6% em janeiro de 2021.

Morais, Moraes & Santos (2021) concluíram que a utilização da ferramenta do Diagrama de Ishikawa, aliada a uma abordagem multidisciplinar e ao envolvimento das equipes, foi fundamental para identificar as causas raízes do problema e promover melhorias sustentáveis no processo de injeção de alumínio.

Os resultados obtidos não apenas contribuíram para a redução de refugos, mas também ressaltaram a importância de uma gestão participativa e de estratégias de análise contínua para manter a competitividade da organização.

Em outro estudo sobre as duas ferramentas da qualidade (Pareto e Ishikawa) na fundição Rodrigues et al (2023) demonstram que seus dados corroboram com outros estudos no qual o Diagrama de Ishikawa e Pareto são fundamentais para aprimorar linha de produção. Este estudo teve como objetivo analisar e propor melhorias no processo de fabricação artesanal de peças em alumínio em uma oficina localizada na cidade de Abaetetuba-PA, utilizando as ferramentas da qualidade Diagrama de Ishikawa e o Diagrama de Pareto. A oficina produz uma variedade de utensílios em alumínio, incluindo tigelas, letras, números, xícaras, pratos, além de componentes sob encomenda para empresas, todos moldados com formas de terra preta em caixas de madeira, aquecidas em fornos alimentados principalmente por lenha reciclada.

Foi possível visualizar todas as etapas de produção, desde a chegada da matéria-prima até o produto final, identificando pontos de perdas e gargalos. A análise do Diagrama de Ishikawa revelou causas relacionadas às pessoas, ao ambiente, ao maquinário e aos materiais, que contribuíam para a ocorrência de retrabalho. Entre essas causas, destacou-se a falta de padronização nas atividades, organização inadequada do espaço de trabalho, uso de equipamentos antigos e materiais deteriorados, além de condições ambientais desfavoráveis, como a exposição à chuva e ao sol devido à estrutura parcialmente aberta.

Neste mesmo estudo, encontrou-se que o Diagrama de Pareto, por sua vez, identificou que o principal problema gerador de retrabalho era o desalinhamento das caixas utilizadas na moldagem, responsável por 32% dos defeitos, seguido por questões relacionadas à qualidade da terra (seca ou úmida ou com impurezas) e à impureza do alumínio. Esses dados permitiram priorizar as ações corretivas, focando inicialmente na manutenção e inspeção das caixas, controle da qualidade da matéria-prima e melhorias no ambiente físico da oficina.

Espera-se que, com a implementação dessas ações, haja redução significativa do retrabalho, aumento na produtividade, melhor controle da qualidade dos materiais e condições de trabalho mais adequadas, o que contribuirá para uma produção mais eficiente e sustentável. Assim, as duas ferramentas de análise utilizadas mostraram-se eficazes na identificação das causas raízes dos problemas, possibilitando o desenvolvimento de um plano de ação estruturado para a melhoria contínua do processo de fabricação artesanal de peças em alumínio nesta oficina.

6. CONCLUSÕES

Considerando os resultados e discussões apresentados pelos estudos de Souza & Roberto (2023), Lazzari (2017) e Rodrigues et al. (2023), fica evidente que a utilização integrada das ferramentas da qualidade, especialmente o Diagrama de Ishikawa e o Diagrama de Pareto, demonstra-se fundamental para a identificação, análise e priorização das causas de não conformidades nos processos de fundição e produção artesanal. Os estudos evidenciam que a aplicação sistemática dessas ferramentas possibilita uma compreensão mais aprofundada dos fatores que contribuem para a ocorrência de defeitos, como óxidos, porosidades, retrabalhos e outros problemas de qualidade. A combinação do Diagrama de Ishikawa com a análise de Pareto permite não apenas detectar as causas principais, mas também direcionar esforços de correção de forma eficiente, promovendo melhorias contínuas e redução de desperdícios.

Além disso, a implementação dessas metodologias promove uma cultura de análise sistemática e preventiva, fortalecendo a gestão da qualidade e incentivando a participação de diferentes setores na busca por soluções. Como demonstrado nos estudos, essa abordagem resulta em benefícios concretos, como aumento da produtividade, diminuição de custos, maior controle sobre as variáveis do processo e melhorias nas condições de trabalho e na satisfação do cliente.

Portanto, é recomendável que empresas e oficinas do setor de fundição e fabricação artesanal adotem essas ferramentas de forma contínua, combinando-as com outras metodologias estatísticas e de gestão da qualidade. Essa estratégia possibilita não apenas a resolução eficiente de problemas existentes, mas também a prevenção de futuras não conformidades, contribuindo para a sustentabilidade e competitividade das organizações.

Em suma, a integração do Diagrama de Ishikawa, Pareto e demais ferramentas de controle da qualidade se mostra indispensável para a consolidação de uma cultura de melhoria contínua, promovendo processos mais robustos, produtos de maior qualidade e uma gestão mais eficiente dos recursos disponíveis.

Com isso este estudo demonstrou de maneira objetiva que o Diagrama de Pareto e o Diagrama de Ishikawa como ferramentas de gestão da qualidade representam um elemento fundamental para a obtenção de vantagens competitivas no setor de fundição. Ao longo da pesquisa, foi possível observar que a implementação sistemática dessas metodologias contribui significativamente para a redução de defeitos, a otimização dos processos produtivos e o aumento da satisfação dos clientes.

A aplicação prática de ambas as ferramentas da qualidade reforça a necessidade de sua adoção de forma contínua e integrada dentro das organizações. Essas duas ferramentas, Diagrama de Pareto e Ishikawa quando utilizadas de maneira coordenada, potencializam o diagnóstico de problemas, possibilitando a implementação de soluções mais eficazes e alinhadas às demandas do mercado.

A análise detalhada indicou que o sucesso na implementação dessas ferramentas de qualidade está diretamente relacionado ao compromisso da liderança, ao grau de capacitação dos colaboradores e à cultura organizacional voltada para a busca incessante por melhorias e diminuição de retrabalho.

A utilização das ferramentas como o diagrama de Pareto e o diagrama de Ishikawa configura-se como uma abordagem eficiente para a resolução de problemas complexos e para a estabilização e aprimoramento dos processos produtivos.

Além disso, a formação de equipes capacitadas e a construção de uma cultura organizacional que valorize a qualidade e a inovação são fatores determinantes para alcançar resultados superiores. Essas ações favorecem a criação de um ambiente de trabalho mais motivador, colaborativo e orientado para a excelência, promovendo o engajamento de todos os níveis hierárquicos na busca por melhorias contínuas.

Essa postura preventiva e proativa que o Diagrama de Ishikawa exige é fundamental para que as indústrias de fundição possam se destacar em um mercado cada vez mais competitivo e globalizado, onde a excelência operacional é um diferencial estratégico indispensável.

Diante do exposto, recomenda-se que as indústrias de fundição adotem uma postura proativa e contínua na aplicação de ferramentas de gestão da qualidade,

buscando sempre inovar e aprimorar seus processos produtivos. A integração dessas ferramentas com a tecnologia e o engajamento humano é essencial para alcançar a excelência operacional e garantir uma vantagem competitiva sustentável. Assim, investir na formação de equipes qualificadas, na adoção de metodologias de análise e na mensuração de resultados concretos constitui uma estratégia eficaz para que as indústrias de fundição possam não apenas sobreviver, mas prosperar em um cenário industrial cada vez mais desafiador e dinâmico.

REFERÊNCIAS

- 1 BORGES, Leandro R. **Programa 5S: uma metodologia para a melhoria do ambiente de trabalho**. São Paulo: Atlas, 2012.
- 2 CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 5. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.
- 3 CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia**. 6. ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços, 2004.
- 4 CHIAVENATO, Idalberto. **Administração: teoria, processo e prática**. São Paulo: Atlas, 2004.
- 5 DEMING, W. Edwards. **Qualidade: a revolução da administração**. 3. ed. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1986.
- 6 FEIGENBAUM, Armand V. **Controle da qualidade total: princípios, práticas e administração**. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 1994.
- 7 ISHIKAWA, Kaoru. **Controle da qualidade total à maneira japonesa**. 2. ed. São Paulo: IMC, 1985.
- 8 JURAN, J. M. **Juran na liderança pela qualidade: um guia para executivos**. São Paulo: Pioneira, 1990.
- 9 LINS, Luiz M. F. **5S: a base para a qualidade total**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- 10 LUSTOSA, Luiz J.; OLIVEIRA, Fernando; MARINS, Fernando A. S.; RESENDE, Paulo T. V. **Gestão da produção e operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- 11 MARTINS, Petrônio G. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 2014.
- 12 OAKLAND, John S. **Gerenciamento da qualidade total: o caminho para aperfeiçoar o desempenho**. São Paulo: Nobel, 1994.
- 13 PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2009.
- 14 SILVA, Antônio F. **Gestão da qualidade total: ferramentas e práticas para a melhoria contínua**. São Paulo: Atlas, 2010.
- 15 SILVA, Débora L. et al. **Aplicação do programa 5S como ferramenta de melhoria no ambiente industrial**. Revista Gestão Industrial, v. 9, n. 3, p. 69–82, 2013.

- 16 SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- 17 TORQUATO, Gaudêncio; ARAÚJO, Danyelle S. **Qualidade total na prática: fundamentos, métodos e técnicas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.