



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
Colegiado do Curso de Engenharia de Produção



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARA
PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NO PROCESSO DE UMA ACIARIA
DE GRANDE PORTE COM VISTAS À REDUÇÃO DE OCORRÊNCIAS
DE CLOGGING**

AMANDA LAYLA PINHEIRO CAMPOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

JOÃO MONLEVADE

2016



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
Colegiado do Curso de Engenharia de Produção



AMANDA LAYLA PINHEIRO CAMPOS

**UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARA
PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NO PROCESSO DE UMA ACIARIA
DE GRANDE PORTE COM VISTAS À REDUÇÃO DE OCORRÊNCIAS
DE CLOGGING**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Produção do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Ms. June Marques Fernandes

Co-orientadora: Ms. Maressa Nunes R. Tavares

JOÃO MONLEVADE

2016



ANEXO VII - TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do trabalho de conclusão de curso intitulado “*Utilização de ferramentas da qualidade para proposição de melhorias no processo de uma aciaria de grande porte com vistas à redução de ocorrências de clogging*” é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido referenciamento ou consentimento dos referidos autores.

João Monlevade, 29 de Fevereiro de 2016

Amanda Layla Pinheiro Campos



ANEXO VIII – ATA DE DEFESA

Aos 29 dias do mês de fevereiro de 2016, às 16 horas, na sala A302 deste instituto, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso pela aluna Amanda Layla Pinheiro Campos, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: Ms. June Marques Fernandes, Ms. Maressa Nunes Ribeiro Tavares e Dra. Luciana Paula Reis.

A aluna apresentou o trabalho intitulado: “*Utilização de ferramentas da qualidade para proposição de melhorias no processo de uma aciaria de grande porte com vistas à redução de ocorrências de clogging*”. A comissão examinadora deliberou, pela:

Aprovação

() Aprovação com Ressalva - Prazo concedido para as correções: _____

() Reprovação com Ressalva - Prazo para marcação da nova banca: _____

() Reprovação

da aluna, com a nota 9,3. Na forma regulamentar e seguindo as determinações da resolução COEP12/2015 foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pelo (a) aluno(a).

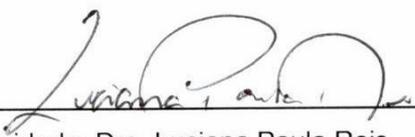
João Monlevade, 29 de Fevereiro de 2016.



Orientador: Ms. June Marques Fernandes



Co-orientadora: Ms. Maressa Nunes Ribeiro Tavares



Convidada: Dra. Luciana Paula Reis



Aluna: Amanda Layla Pinheiro Campos



AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por toda sabedoria que me foi dada ao longo dessa jornada. Aos meus pais, irmãs e afilhada por servirem de apoio em todos os obstáculos que apareceram nesses anos e representarem minha vontade de ir além.

À ArcelorMittal Monlevade pelo crescimento profissional que me foi proporcionado e por permitirem a realização desse estudo. Minha eterna gratidão a turma A do forno panela, em especial ao Fabio Santos, por todo conhecimento transmitido e paciência em sanar todas as minhas dúvidas. Sem vocês esse trabalho não seria possível. Meu muito obrigada!

Aos professores da UFOP, em especial, meus orientadores, June Marques e Maressa Tavares, pelo apoio e por enriquecerem esse trabalho com seus conhecimentos.

Ao meu namorado, à pink e a todos que contribuíram na minha formação como Engenheira de Produção.

Muito Obrigada!



RESUMO

O atual cenário do mercado siderúrgico no Brasil faz com que as empresas busquem formas de se manterem competitivas no mercado, sendo uma delas, a melhoria de processos. Nesse sentido, este trabalho busca demonstrar a importância do uso do método *Plan, Do, Check e Action* (PDCA) junto às ferramentas da qualidade para identificar e atacar as causas de não conformidade mais expressiva para ocorrência de *clogging*¹. Inicialmente, buscou-se mostrar os impactos de *clogging* na produção de aço e definir a não conformidade mais frequente, o alto teor de Al. Em seguida, explicou-se a relação com algumas variáveis do processo. Realizada essa busca, foram identificadas as possíveis causas do alto teor de Al, assim como suas causas raízes. Mediante o diagnóstico desenvolvido, foram delimitadas possíveis ações de melhorias, como: troca de experiências e informações entre as turmas, aumento da supervisão sobre a manutenção do maquinário e peças em falta, dentre outras.

Palavras chave: clogging, qualidade, aço, aciaria.

¹ Clogging: acúmulo de inclusões não metálicas na válvula submersa do lingotamento contínuo.



ABSTRACT

The current situation in the steel market in Brazil causes companies to seek ways to remain competitive in the market, one of them, is the process improvement. In this sense, this study stresses the importance of using the method Plan, Do, Check and Action (PDCA) along with quality tools to identify and address the causes of non-compliance more significant for the occurrence of clogging. Initially, tried to show the clogging of impacts on steel production and set to no more frequent compliance, the high Al content. Then expounded the relationship with some variables of the process. Conducted this search, the possible causes of high Al content, as well as its root causes have been identified. Upon diagnosis developed, were outlined possible actions for improvements, such as exchange of experience and information between the divisions, increased supervision over the maintenance of machinery and missing parts, among others.

Key words: clogging, quality, steel, melt shop.



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas do ciclo PDCA	16
Figura 2 - Exemplo de Diagrama de Pareto	17
Figura 3 - Diagrama causa e efeito - 6M	19
Figura 4 - Principais componentes de um conversor	22
Figura 5 - Desenho esquemático evidenciando os mecanismos de sopro	23
Figura 6 - Esquema representativo de um forno panela	24
Figura 7 - Exemplos de defeitos em peças devido à presença de inclusões	27
Figura 8 - Representação esquemática do lingotamento contínuo	28
Figura 9 - Arranjo esquemático da válvula submersa do molde, com destaque para as áreas onde ocorrem obstruções	29
Figura 10 - Fluxo de produção da usina de João Monlevade	33
Figura 11 - Fluxograma do processo do conversor da ArcelorMittal Monlevade	36
Figura 12 - Fluxograma do processo do forno panela da Arcelormittal Monlevade.....	38
Figura 13 - Fase de planejamento do PDCA de melhorias.....	39
Figura 14 - Evolutivo clogging 2014.....	40
Figura 15 - Taxa de utilização da máquina de lingotamento contínuo.....	41
Figura 16 - Estratificação das causas 2014.....	41
Figura 17 - Estratificação por tipo de aço 2014.....	42
Figura 18 - Estratificação Turmas 2014	43
figura 19 - Boxplot da análise química forno panela final do Al	44
Figura 20 - Diagrama de causa e efeito	45



LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Principais reações envolvidas na desoxidação do aço.....	25
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estrutura da ferramenta 5W2H	20
Quadro 2 - Métodos dos 5 Porquês	47
Quadro 3 - 5W2H Plano de Ação	50

LISTA DE ABREVIATURAS

PDCA	Plan, Do, Check, Action
CV	Convertedor
FP	Forno Panela
6M	Máquinas, mão-de-obra, matéria-prima, método de trabalho, meio ambiente e medida



Sumário

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Problema de Pesquisa	12
1.2 Objetivo Geral	12
1.3 Objetivo Específico	12
1.4 Justificativa	12
1.5 Estrutura do Trabalho	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Qualidade	14
2.1.1 A utilização do ciclo PDCA no gerenciamento para melhoria da qualidade	15
2.1.2 A utilização das ferramentas da qualidade no PDCA de melhorias	16
2.1.2.1 Diagrama de Pareto	17
2.1.2.2 Diagrama de Causa e Efeito	18
2.1.2.3 O método dos 5 Porquês	19
2.1.2.4 5W2H	20
2.2 Processo de produção do aço	21
2.2.1 Refino do aço	21
2.2.1.1 Refino Primário	21
2.2.1.2 Refino Secundário	23
2.2.2 Desoxidação dos aços	25
2.2.3 Inclusões não metálicas	26
2.2.4 Lingotamento contínuo e o efeito clogging	27
3 METODOLOGIA	30
3.1 Classificação	30
3.2 Coleta de dados	30
4 A APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	32
4.1 A empresa	32
4.2 Processo de Produção	32
4.3 A aciaria na usina	33
4.3.1 O convertedor	34
4.3.2 O forno panela	37
5 O CONTROLE DO PROCESSO	39
5.1 O ciclo PDCA	39



5.1.1 Identificação	39
5.1.2 Observação	42
5.1.3 Análises	43
5.1.4 Plano de ação	49
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERÊNCIAS	54



1 INTRODUÇÃO

Devido a atual crise econômica no país, a demanda por aço no mercado brasileiro vem enfrentando sua pior fase desde o início de 2014. A redução nas vendas do segmento siderúrgico é um reflexo da redução da demanda por parte dos seus principais consumidores: a construção civil, bens eletrodomésticos, bens de capital e indústria automotiva. Como medida administrativa, algumas unidades operacionais do referido segmento foram paralisadas, bem como muitas demissões aconteceram (VENDA..., 2015).

Aliado a esses fatores, tem-se o crescimento das exportações da China - considerada a maior produtora de aço do mundo - e o aumento de sua influência na América Latina. De acordo com informação disponibilizada pelo Congresso Brasileiro do Aço, em 2015, “[...] as exportações da China para a América Latina cresceram 69% em três anos, gerando uma perda de cerca de 4 milhões de empregos diretos e indiretos na região”(COMPETITIVIDADE..., 2015).

Mediante tal cenário, uma das formas de continuidade das empresas no mercado siderúrgico tem sido atuar na melhoria dos processos aumentando-se a capacidade produtiva e a qualidade de seus produtos. Alcançar esses resultados significa não somente investir em maquinários, mas também realizar um estudo minucioso do processo, a fim de minimizar, ao máximo, problemas que impactam diretamente no atendimento de bons resultados, como é o caso do *clogging*.

De acordo com Ramos (2000), a utilização de métodos estatísticos e ferramentas da qualidade dão base à interpretação e análise dos dados e possibilitam o alcance da melhoria de processos de forma efetiva.

Dessa forma, torna-se relevante a aplicação do método PDCA e das ferramentas da qualidade junto ao estudo detalhado do processo de fabricação de aço em uma aciaria, na tentativa de identificar não conformidades responsáveis por gerar o efeito *clogging* na etapa de lingotamento e atuar sobre elas, a fim de minimizar sua ocorrência.



1.1 Problema de Pesquisa

Como a aplicação do método PDCA com auxílio de ferramentas da qualidade podem contribuir na proposição de medidas para redução da ocorrência de *clogging* em uma aciaria?

1.2 Objetivo Geral

Propor melhorias no processo de uma aciaria de grande porte visando a redução na ocorrência de *clogging*.

1.3 Objetivo Específico

- ✓ Descrever e analisar o processo produtivo da aciaria de João Monlevade;
- ✓ Mapear os fluxos do processo;
- ✓ Identificar a não conformidade responsável pelo maior número de ocorrências de *clogging* com auxílio de ferramentas da qualidade e observar sua possível relação com as turmas e os diferentes tipos de aço do processo;
- ✓ Diagnosticar as possíveis causas que culminam nesta não conformidade;
- ✓ Propor medidas que diminuam a frequência da não conformidade em estudo.

1.4 Justificativa

Durante todo ano, a empresa estudada perde grandes toneladas de aço no processo devido a diversos problemas. No entanto, o *clogging* – problema que ocorre no lingotamento contínuo – chama a atenção pela dimensão do resultado negativo que é gerado ao processo como um todo. Ocorre o entupimento dos veios da máquina de lingotamento que exige, na maioria das vezes, troca do mecanismo, atraso no atendimento da programação, perda financeira, retrabalho e grandes quantidades de aço jogadas na vala.

Logo, ocorrências como estas devem ser evitadas, ao máximo, pela empresa devido a competitividade existente no mercado siderúrgico, além das exigências dos clientes serem cada vez maiores por produtos de qualidade. Em consequência disso, as empresas deste segmento buscam excelência dos seus produtos e processos. A redução de problemas no



processo produtivo possibilita: um melhor uso dos recursos, produtos ou serviços mais competitivos, ganho no posicionamento de mercado e margem de lucro mais elevada.

Visto sua importância para a empresa, o presente trabalho também promove o crescimento e o desenvolvimento profissional do aluno, pois o torna capaz de explorar os processos da empresa estudada, além de expandir os conhecimentos sobre o tema abordado.

Dessa forma, este trabalho se justifica pela possibilidade de identificar as causas que levam a ocorrência de *clogging* no processo produtivo do aço e pelo conhecimento que este pode agregar ao estudante e à Instituição de Ensino.

1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho encontra-se estruturado em 6 capítulos, sendo que a Introdução já foi apresentada no Capítulo 1.

No Capítulo 2 será explanada a revisão bibliográfica, que possibilita todo um embasamento teórico do assunto, indispensável para a execução do trabalho, como: a utilização das ferramentas da qualidade no PDCA de melhorias, o processo de refino dos aços, a formação de inclusões e o processo *clogging*.

No Capítulo 3 serão apresentados os procedimentos metodológicos que foram utilizados para a coleta e interpretação dos dados.

No Capítulo 4 serão analisadas as características da empresa e o processo de refino dos aços desta aciaria localizada em João Monlevade.

O controle do processo, a partir do giro do PDCA, será abordado no Capítulo 5, no qual foi realizada toda análise das informações coletadas.

Por fim, as considerações finais acerca do trabalho compõem o Capítulo 6, que ressaltam os resultados obtidos através do método de controle e as ferramentas escolhidas para tal.



2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Qualidade

A definição de qualidade é uma atividade desafiadora. De acordo com Gomes (2004), a qualidade é fácil de reconhecer, porém difícil de definir. Segundo Reeves e Bednar (1994) inexistem uma definição ou modelo global, assim, diferentes definições de qualidade aparecem em diferentes circunstâncias, fazendo-o um fenômeno complexo.

Segundo Paladini (2000), qualidade pode ser considerada algo abstrato e subjetivo, sinônimo de perfeição, relacionado à capacidade de fabricação, requisito mínimo de funcionamento em algumas situações e diversidade de opções que um produto ou serviço oferece, mas também enfatiza que a qualidade sofre alterações ao longo do tempo e por isso, trata-se de um processo evolutivo que necessita de constante acompanhamento. O maior equívoco está em considerar que qualidade possa resumir-se a apenas um desses itens quando na verdade envolve uma multiplicidade de itens.

Para Juran (2001) o conceito de qualidade está conectado às características do produto. Tal relação corresponde às necessidades dos clientes e à inexistência de deficiências, sendo assim, quanto menos defeitos, melhor a qualidade.

Campos (1999, p.02) afirma que “um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades dos clientes”. De maneira geral, que atende perfeitamente (projeto perfeito), de forma confiável (sem defeitos), de forma acessível (baixo custo), de forma segura (segurança do cliente), no tempo certo (entrega no prazo certo), no local certo e na quantidade certa.

Para oferecer produtos ou serviços melhores ou diferentes do que a concorrência oferece, é preciso investir em melhorias, de forma a torná-lo mais atrativo. Como certamente a concorrência logo percebe esse movimento de mudança, e tenta fazer o mesmo, o processo de melhoria é contínuo, e acaba se tornando algo inevitável (CARPINETTI *et al.*, 2007).



Com a intenção de melhorar o engajamento e envolvimento das pessoas na busca da melhoria foram desenvolvidos vários métodos, ferramentas e estratégias, que podem ser selecionadas de acordo com as necessidades de cada organização (CARVALHO; PALADINI, 2012). O tópico a seguir apresenta ferramentas relevantes para o desenvolvimento da qualidade.

2.1.1 A utilização do ciclo PDCA no gerenciamento para melhoria da qualidade

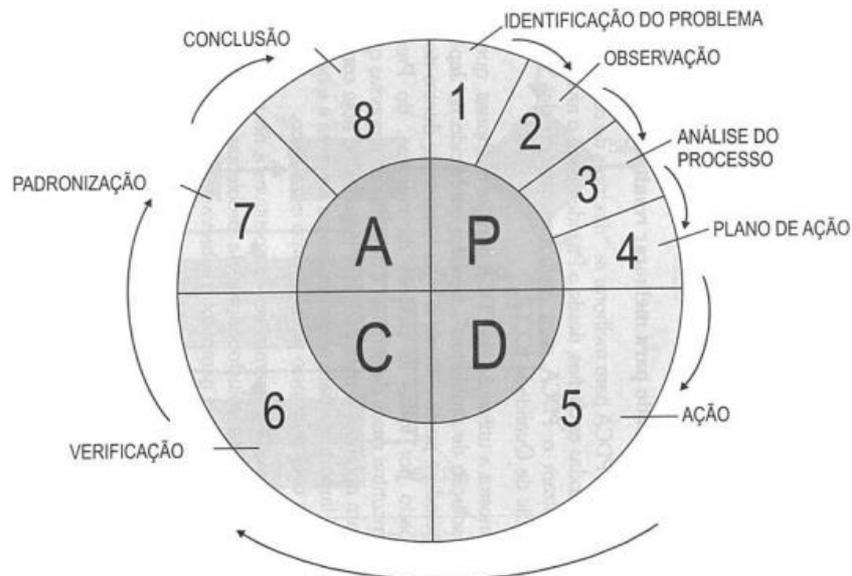
Segundo Campos (1999) o ciclo PDCA é um método para prática de controle que pode ser utilizado para manter e melhorar as “diretrizes de controle” de um processo.

PDCA é a sigla das palavras em inglês que designam as etapas do ciclo: Plan = Planejar, Do = Fazer, Check = Checar e Action = Ação (Figura 1).

A primeira fase, Plan, inicia-se com a identificação do problema que consiste na sua definição e reconhecimento de sua importância. Em seguida, ocorre: observação que tem como objetivo investigar as características específicas do problema; análise do processo, onde procura-se descobrir as causas fundamentais; e por fim, o plano de ação, que tem como objetivo conceber um plano para bloquear as causas fundamentais. A fase Do consiste na execução do plano anterior com objetivo de bloquear as causas, a fase Check consiste na verificação da efetividade do bloqueio e, finalmente, a fase Action procura prevenir o reaparecimento do problema através da padronização e gerar conclusões recapitulando todo o processo de solução do problema para trabalhos futuros (CAMPOS, 2002).



Figura 1 - Etapas do ciclo PDCA



Fonte: Adaptado de Campos (1999)

2.1.2 A utilização das ferramentas da qualidade no PDCA de melhorias

Para o gerenciamento das etapas do ciclo PDCA pode ser necessário utilizar diversas ferramentas para a coleta, o processamento e a ordenação das informações. Tais ferramentas são chamadas ferramentas da qualidade (CAMPOS, 2002).

A fim de compreender as ferramentas da qualidade no ciclo do PDCA, deve-se sobressaltar que quanto maior o número de informações associadas ao método, maiores serão as possibilidades de se chegar à meta e maior será a exigência pelo emprego de ferramentas adequadas para a coleta, o processamento e a disposição destas informações na execução do PDCA (CAMPOS, 2002).

Segundo Maiczuk e Andrade Júnior (2013) as ferramentas da qualidade são métodos usados visando à solução de problemas em qualidade e a melhoria de processos. Seu uso tem por finalidade a clareza no trabalho e o auxílio à tomada de decisão com base em dados e fatos. Nos próximos itens serão expostas algumas ferramentas da qualidade, tais como, Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito, Método dos 5 porquês e 5W2H.



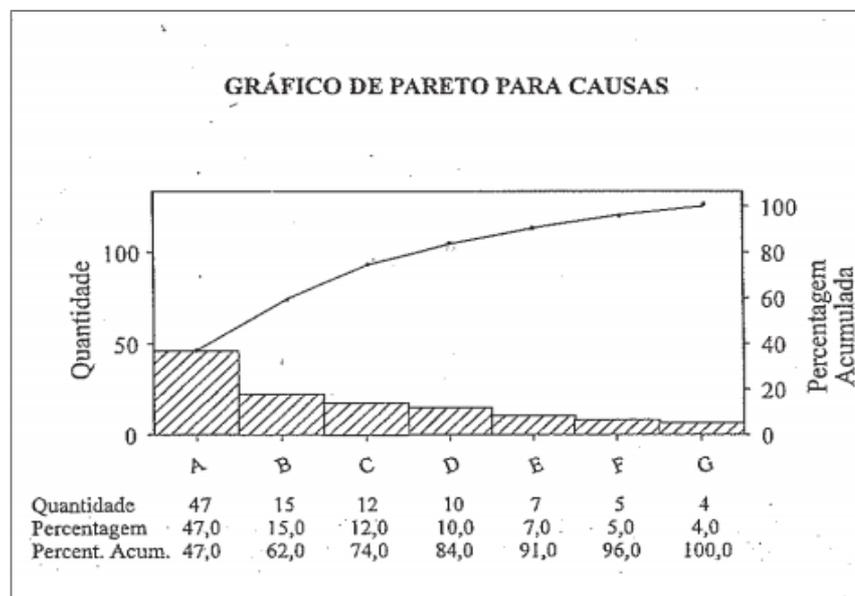
2.1.2.1 Diagrama de Pareto

O nome Pareto origina-se de uma homenagem ao economista Vilfredo Pareto que, com base em seu estudo sobre a distribuição de riquezas, constatou que 20% das pessoas detinham 80% dos bens, enquanto os outros 80% detinham 20%. Relação esta também conhecida como regra dos 80/20 (MARSHALL JÚNIOR *et al.*, 2008).

Juran constatou que esse mesma teoria se aplicava aos problemas de qualidade. Segundo Juran *apud* Paladini (2000) “alguns defeitos respondem pelo maior potencial de perda; alguns fornecedores respondem pela maior parte dos problemas; alguns serviços respondem pela maior parte da demanda; e assim por diante”.

O gráfico de pareto é um gráfico de barras verticais onde as barras são ordenadas da maior para a menor, de acordo com a frequência de ocorrência de uma característica (Figura 2). Esta ferramenta dispõe as informações de forma clara e fácil, permitindo a priorização dos problemas (TRIVELLATO, 2010).

Figura 2 - Exemplo de Diagrama de Pareto



Fonte: Werkema, 2006

“Assim, o gráfico de Pareto dispõe a informação de forma a permitir a concentração dos esforços para melhoria nas áreas onde os maiores ganhos podem ser obtidos” (WERKEMA, 2006).



2.1.2.2 Diagrama de Causa e Efeito

Colenghi (2007) propõe a prática de algumas ferramentas de suporte na concretização dos diversos problemas existentes nas organizações, como: redução dos desperdícios nos processos, no sistema organizacional e no local de trabalho. Assim, apresenta-se o diagrama de causa e efeito, conhecido também por diagrama de Ishikawa (menção a Kaoru Ishikawa, responsável pelo primeiro diagrama de causa e efeito em 1943) ou espinha de peixe, como uma ferramenta eficaz na determinação de causas (problemas) e percepção dos efeitos (ineficiências), além do seu alto grau de aplicação no gerenciamento da qualidade.

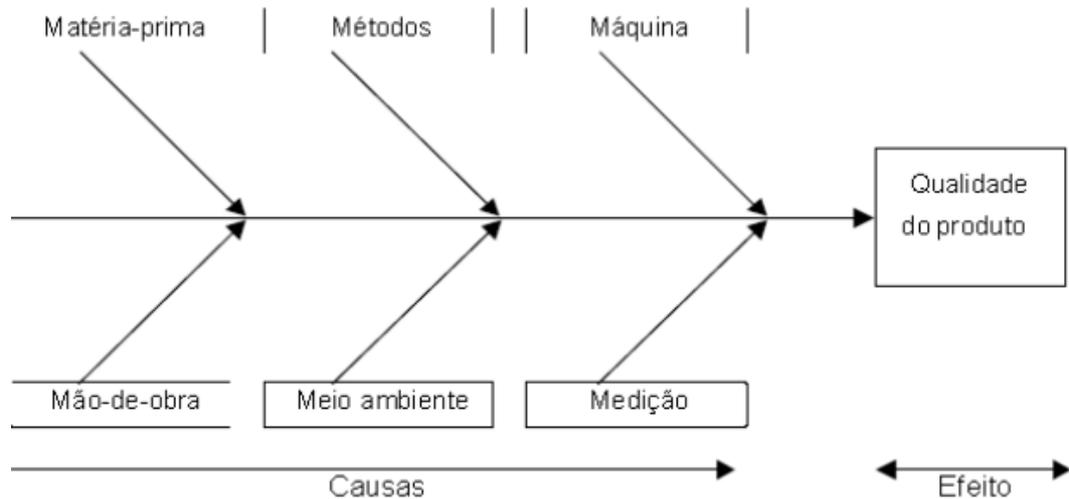
Segundo Montgomery (2004), uma vez que um defeito, problema ou erro é identificado, deve-se dar início às análises das causas potenciais desse efeito indesejável. Em situações em que as causas são desconhecidas o diagrama de causa e efeito pode servir como um eficiente auxiliar na localização e no reparo de defeitos. Além disso, sua construção em grupo tende a levar as pessoas envolvidas a atacar o problema e não a atribuir culpa.

Já Rodrigues (2010), acredita que o diagrama busca manter a relatividade entre o efeito e as causas existentes de um processo. O efeito apresenta diferentes categorias de causas, que podem ser criadas por outras possíveis causas.

O diagrama de causa e efeito do tipo 6M (figura 3) mostra as causas primárias do processo como o uso de máquinas, mão-de-obra, matéria-prima, método de trabalho, medição da atividade e sua relação com o meio ambiente (TRINDADE *et al.*, 2000). É uma ferramenta simples e apresenta um efeito visual de rápida assimilação, ajudando a separar as causas dos efeitos.



Figura 3 - Diagrama causa e efeito - 6M



Fonte: Trindade *et al* (2000)

Vieira (1999) ressalta que os 6M são as causas decorrentes dos problemas que mais apresentam ocorrência nas indústrias; na área de serviços os 6M podem ser substituídos, por exemplo, por equipamentos, políticas, procedimento e pessoal.

2.1.2.3 O método dos 5 Porquês

O método dos 5 porquês parte do princípio que após indagar por 5 vezes o porquê da ocorrência de determinado problema, sempre fazendo analogia à resposta anterior, será descoberta a causa raiz de um problema (WERKEMA, 1995).

Segundo Ohno (1997) o Sistema Toyota de Produção tem sido elaborado baseando-se na prática e na evolução do método 5 porquês. Ao perguntar 5 vezes por quê e responder cada uma das perguntas, pode-se enxergar a real causa do problema, muitas vezes camuflada por sistemas mais óbvios.

“Esta técnica consiste em colocar um conjunto de questões aos problemas e possíveis soluções. Considera-se que a causa de raiz foi encontrada quando deixa de ser possível encontrar respostas para as questões que se colocam” (MATA-LIMA, 2007).



2.1.2.4 5W2H

É uma ferramenta bastante simples, normalmente utilizada na definição de planos de ação empresarial, com o objetivo de assegurar que não restará dúvidas acerca das ações implementadas para qualquer pessoa que o leia (LENZI *et al.*, 2010).

O termo 5W2H deriva da língua inglesa e é referente às sete perguntas que compõem esta ferramenta. O quadro abaixo ilustra as palavras em inglês e a sua respectiva ação a ser tomada.

Quadro 1 - Estrutura da ferramenta 5W2H

Método dos 5W2H			
5W	What	O Que?	Que ação será executada?
	Who	Quem?	Quem irá executar/ participar da ação?
	Where	Onde?	Onde será executada a ação?
	When	Quando?	Quando a ação será executada?
	Why	Por Quê?	Por que a ação será executada?
2H	How	Como?	Como será executada a ação?
	How much	Quanto Custa?	Quanto custa para executar a ação?

Fonte: Meira, 2003

De acordo com Behr, Moro e Estabel (2008), a ferramenta de qualidade 5W2H consiste em uma maneira de estruturar o pensamento de uma forma organizada e materializada antes de implementar alguma solução na empresa. Ao se deparar com determinada tarefa, deve-se perguntar cada uma das palavras e escrever as resposta. Esta ferramenta auxilia na segregação das tarefas dentro de um processo e a visualizar, de maneira geral, o desenvolvimento dos processos.

Segundo Meira (2003), o 5W2H é utilizado no auxílio do processo estratégico da organização, permitindo assim que as informações básicas e que são fundamentais, sejam expressamente definidas e as ações propostas sejam minuciosas e simplificadas. Isto auxiliará no planejamento das atividades sendo a ferramenta um anteparo para a concepção dos caminhos a serem seguidos.



2.2 Processo de produção do aço

2.2.1 Refino do aço

O conjunto de operações que se passam em aciarias são denominadas “refino do aço” e são responsáveis, basicamente, por garantir as características dos produtos de aço através da combinação de composição química e estrutura. Os tópicos a seguir apresentam as etapas de refino primário e de refino secundário que acontecem respectivamente no processo.

2.2.1.1 Refino Primário

De acordo com Fracalossi Júnior (2013) a etapa de refino primário acontece no convertedor e consiste basicamente na transformação do ferro gusa em aço líquido, por intermédio da injeção de oxigênio no banho metálico, reduzindo os teores de carbono, silício, fósforo e manganês a níveis residuais.

Após a etapa de carregamento da sucata e do gusa líquido, inicia-se a etapa de sopro de oxigênio que consiste na fase mais complexa na elaboração dos aços, devido às inúmeras variáveis que interferem no processo (RIZZO, 2006a).

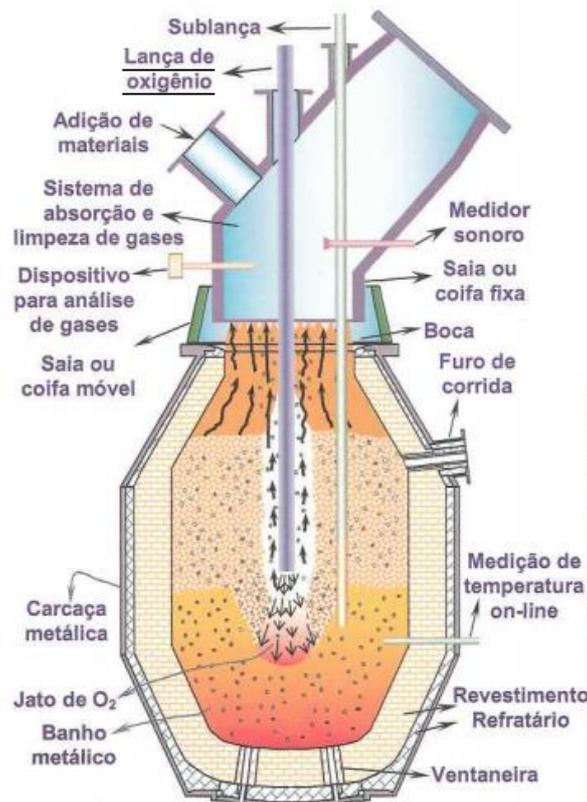
O sopro de oxigênio no banho - realizado pela lança de oxigênio evidenciada na Figura 4 - é responsável pela agitação do metal, oxidando as impurezas contidas no gusa líquido. Para combinar com as impurezas oxidadas são adicionadas Cal e outros fundentes dando origem à escória e gerando gás (FRACALOSSO JÚNIOR, 2013).

A escória pode ser definida como um banho líquido que possui um ou mais compostos químicos de vários óxidos, que se separa da fase metálica devido a sua menor densidade e insolubilidade (RIZZO, 2006a). O autor destaca ainda que dentre suas principais funções, tem-se, absorver e incorporar os elementos indesejáveis do banho metálico, agir como um reservatório de substâncias oxidantes, agir como um isolante físico dificultando a transferência de gases da atmosfera para o banho metálico e atuar na proteção do revestimento refratário do convertedor.

Após o sopro, é realizada a amostragem da temperatura e análise química. Na sequência, o aço é vazado para a panela. Nesta etapa, adicionam-se ligas para o ajuste da composição química dentro da faixa especificada. A escória então é separada e colocada em

um pote para ser utilizada quando necessário (FRACALOSSI JÚNIOR, 2013).

Figura 4 - Principais componentes de um convertedor



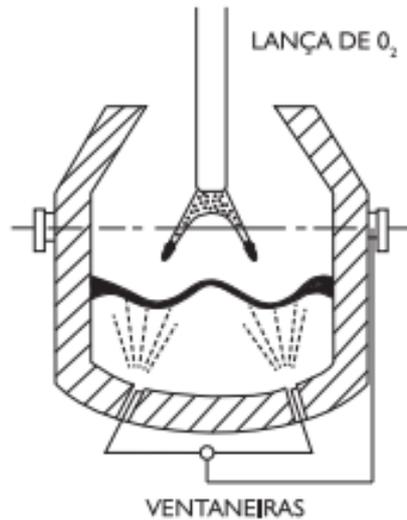
Fonte: Rizzo, 2006a

O processo convencional de sopro de oxigênio pelo topo tem sido melhorado de forma radical. Em determinadas regiões, que existem “zonas mortas”, há deficiência de agitação e mistura. O uso de ventaneiras nas solas de convertedores trouxe ao processo convencional (sopro realizado pelo topo) os benefícios de agitação em que o sopro de oxigênio ocorre pelo fundo, corrigindo as deficiências de mistura, técnica conhecida como rinsagem. (FRACALOSSI JÚNIOR, 2013; GONÇALVES *et al.*, 2012).

Segundo Pereira (2009) a rinsagem consiste no procedimento de injeção de gás inerte na panela com aço líquido, por meio do plug poroso, peça refratária situada ao fundo da panela. O gás inerte utilizado, geralmente o argônio, promove a homogeneização da composição química e da temperatura do aço, e a aceleração da subida dos óxidos originados na desoxidação para a escória (abordados no tópico 2.3).



Figura 5 - Desenho esquemático evidenciando os mecanismos de sopro



Fonte: Adaptado de Campos *apud* Gonçalves *et al*, 2012

2.2.1.2 Refino Secundário

Após a etapa de refino primário, a continuidade do processo ocorre no forno panela. Este equipamento é constituído por uma abóboda de aço, com material refratário em seu revestimento, equipado com: três eletrodos de grafite em seu interior, os sistemas de adições de ligas e amostragens de temperatura e composição, dispositivos para agitação do banho com injeção de gases inertes ou equipamentos eletromagnéticos, sistema de captação de fumos e dispositivos auxiliares para deslocamento do carro porta-panela (Figura 6) (ROCHA, 2011; RIZZO, 2006b).

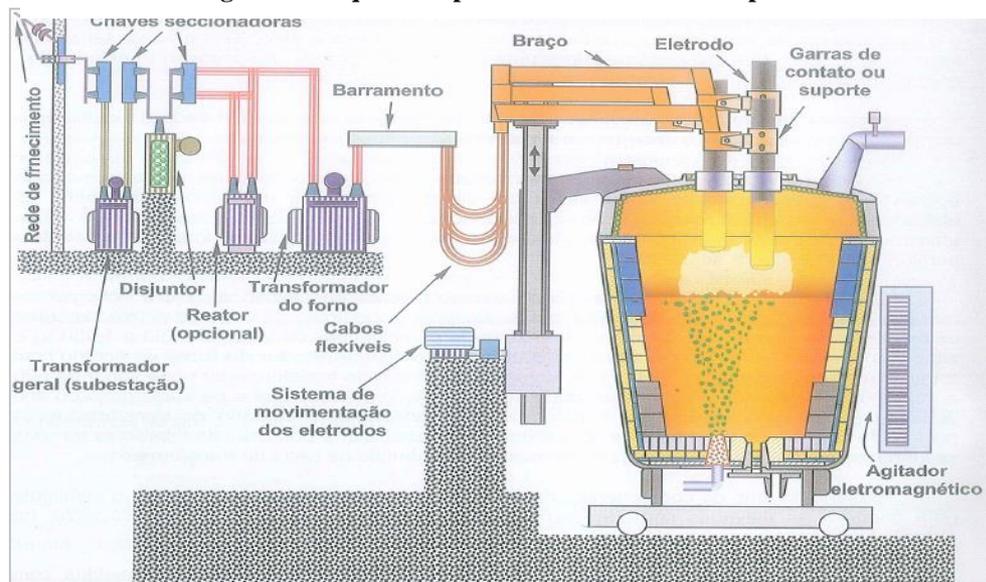
De acordo com Rizzo (2006b) os principais objetivos do refino secundário são:

- ✓ Redução do tempo de elaboração do aço;
- ✓ Controle de temperatura do aço líquido, normalmente através do aquecimento;
- ✓ Ajuste da composição química do aço, por meio da:
 - ✓ Redução do teor de carbono através do tratamento sob vácuo;
 - ✓ Redução do teor de enxofre ou de fósforo dos aços;
 - ✓ Introdução de elementos de liga que se oxidam na elaboração de aços em



- convertedores;
- ✓ Mistura completa das adições realizadas;
 - ✓ Adição precisa de elementos de liga visando elevado rendimento das matérias-primas e atendimento de estreitas faixas de tolerância destes elementos;
 - ✓ Adição de escória sintética;
 - ✓ Remoção dos gases do aço.
- ✓ Aumento do grau de limpeza do aço, por meio da:
- ✓ Agitação do banho por borbulhamento de gás visando a homogeneização da composição química e de temperatura;
 - ✓ Modificação da composição e forma das inclusões objetivando a remoção do aço líquido ou controle dos seus efeitos no aço líquido;
- ✓ Controle da microestrutura e/ou macroestrutura das peças solidificadas.

Figura 6 - Esquema representativo de um forno panela



Fonte: Rizzo, 2006b

As etapas do processo de refino secundário podem ser classificadas como: desoxidação (será abordado no próximo item), dessulfuração, adição de elementos de liga, adequação da



composição química e propriedades dos aços de acordo com sua aplicação final e acerto da temperatura de liberação para a etapa posterior, o lingotamento contínuo (ROCHA, 2011).

2.2.2 Desoxidação dos aços

Após o processo do convertedor, o banho metálico possui grande quantidade de oxigênio que precisa ser retirado para prevenir a formação de bolhas de CO durante o processo de lingotamento (DEKKERS *et al.*, 2002).

De acordo com Rizzo (2006b) o controle do grau de oxidação é importante para evitar uma série de inconvenientes, como: a formação de inclusões indesejáveis no processo, projeção de material líquido ou de escória durante o transporte, redução de rendimento das ligas, formação de bolhas que poderiam originar trincas na pele solidificada, a formação de FeO com a consequente diminuição do rendimento metálico e formação de bolhas de gases (CO) na superfície dos produtos lingotados.

Devido ao alto teor de oxigênio no banho que o aço líquido apresenta quando vazado do convertedor é necessário adicionar elementos desoxidantes como o Al, Si e Mn para reduzir esse potencial de oxigênio e deixar o aço em condições de ser transferido para a próxima etapa (MAGALHÃES, 2010).

Segundo Xiaobing *et al.* (2004 *apud* SILVA JÚNIOR, 2009) as principais reações envolvidas na desoxidação são mostradas na tabela abaixo:

Tabela 1 - Principais reações envolvidas na desoxidação do aço

Reação Química	ΔG° (kJ.mol ⁻¹)
$2\text{Al} + 3\text{O} \leftrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$	$\Delta G^\circ = -1225 + 0,393T$
$\text{Si} + 2\text{O} \leftrightarrow \text{SiO}_2$	$\Delta G^\circ = -576,44 + 0,218T$
$\text{Mn} + \text{O} \leftrightarrow \text{MnO}$	$\Delta G^\circ = -288,12 + 0,1283T$

Fonte: Xiaobing *et al.* *apud* Silva Júnior, 2009

A partir da tabela, afirma-se que o módulo dos valores de variação de energia livre de Gibbs (delta G°) aumenta da reação de desoxidação com o alumínio para a reação com manganês, ou seja, assumem valores mais negativos que as demais reações. Como quanto mais negativa for esta variação de energia, mais espontânea será a reação, verifica-se que o



alumínio possui potencial desoxidante mais forte que os demais elementos da tabela (SILVA JÚNIOR, 2009).

2.2.3 Inclusões não metálicas

Millman (2004 *apud* FACO, 2005) define que a aplicação do produto final é essencial para a definição de limpeza dos aços. Inclusões não metálicas, geralmente presentes na forma de óxidos ou sulfuretos, tais como alumina e sulfureto de manganês, são responsáveis por produzir defeitos, durante o processamento do aço ou em sua aplicação final, quando aparecem em quantidades significantes de grandes inclusões.

As inclusões são normalmente formadas no estado líquido de fabricação do aço. Podem ser originadas a partir do desgaste do refratário, das escórias e dos produtos de adição para elaboração do aço. Classificam-se quanto a sua origem em endógenas e exógenas (RIZZO, 2006b).

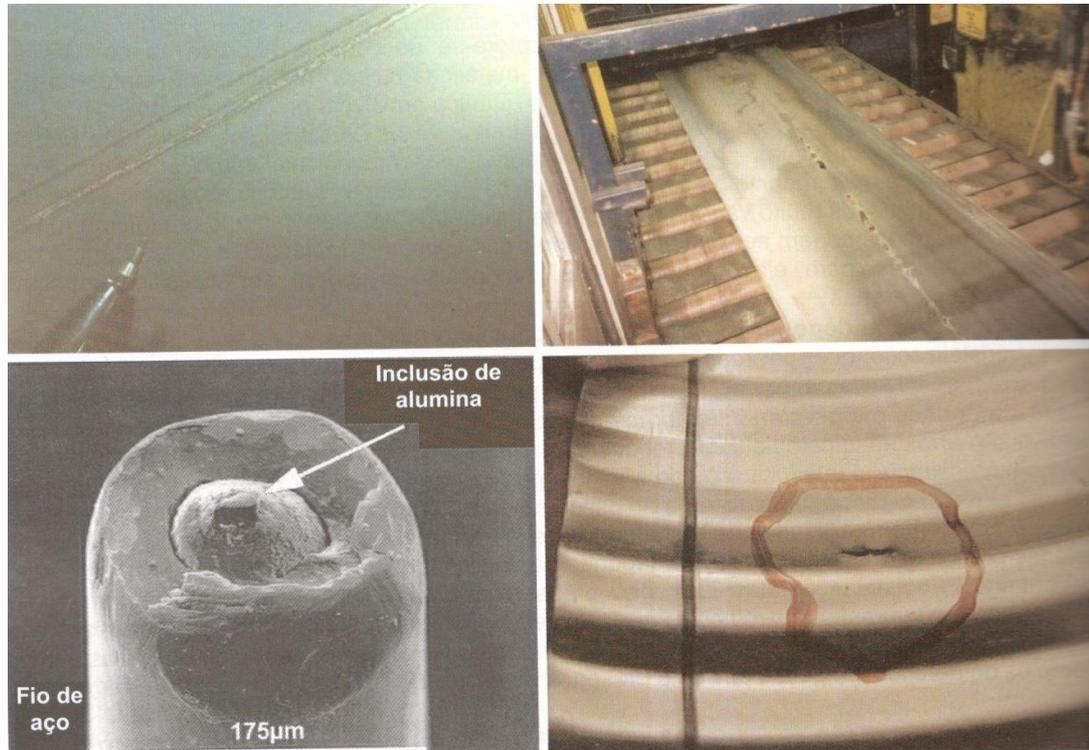
Inclusões endógenas são resultados do processo de desoxidação do aço ou são partículas originadas durante a precipitação na fase de solidificação. As inclusões exógenas ocorrem devido a interação mecânica do aço com os seus arredores – escória sobrenadante e erosão do material refratário (ZHANG, 2006).

Entre as inclusões mais comuns destaca-se a alumina, Al_2O_3 , que possui elevado ponto de fusão nas temperaturas de fabricação do aço, sendo extremamente prejudicial ao processo quando esta não é removida adequadamente antes da etapa de lingotamento. Pode ser originada na etapa de desoxidação com Al ou então da reação de re-oxidação, decorrente da exposição do aço líquido à atmosfera. Tal exposição gera aumento de oxigênio no banho que pode ser causado pelo desuso do sistema de proteção no vazamento da panela para o distribuidor (MAGALHÃES, 2010; MILLMAN, 2004 *apud* FACO, 2005).

A desvantagem do uso de Al como desoxidante é que o produto de sua reação (Al_2O_3) gera resultados indesejados ao processo. Magalhães (2010) afirma que por essa razão, utiliza-se o tratamento com Ca para modificar a morfologia da inclusão gerada, de forma que as partículas de alumina se transformem em aluminatos de cálcio, que por sua vez, são mais fáceis de serem removidas, não causam problemas de lingotabilidade e não afetam o produto

final.

Figura 7 - Exemplos de defeitos em peças devido à presença de inclusões



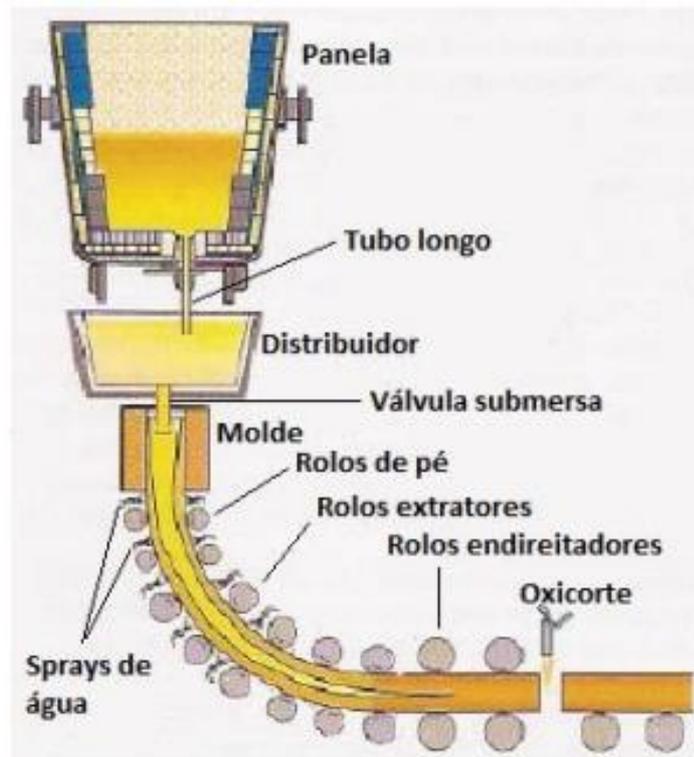
Fonte: Rizzo, 2006b

A figura 7 mostra exemplos de aços que conseguiram ser lingotados, mas que devido a presença de inclusões não metálicas apresentaram defeitos no produto final. Dentre as imagens destaca-se a ruptura de um fio de aço de 0,175mm de diâmetro ocasionado pela inclusão de alumina (RIZZO, 2006b).

2.2.4 Lingotamento contínuo e o efeito clogging

Com o final da etapa de refino, a panela é levada ao lingotamento contínuo para continuidade do processo de fabricação do aço (Figura 8). A válvula gaveta situada na parte inferior da panela é responsável por transferir o aço da panela para o distribuidor. Essa válvula se acopla ao tubo longo para evitar que o aço entre em contato com o ar atmosférico (MEDEIROS, 2014).

Figura 8 - Representação esquemática do lingotamento contínuo

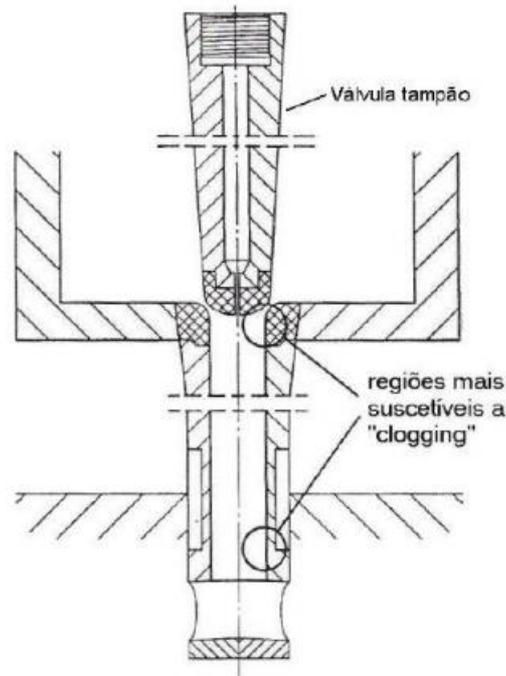


Fonte: Rizzo, 2015

A transferência do distribuidor para o molde ocorre através da válvula submersa. Nesta válvula é frequente o acúmulo de inclusões, acarretando na interrupção do vazamento ou dificuldades em permanecer a velocidade de lingotamento, fenômeno este chamado de *clogging* (RIZZO, 2006b; RACKERS, THOMAS, 1995).

Segundo Silva Júnior (2009) o *clogging* é originado pelo depósito de inclusões não metálicas nas paredes das válvulas submersas, reduzindo o diâmetro do canal e proporcionando o bloqueio do fluxo de aço, até o completo entupimento e interrupção do lingotamento. O tipo de inclusão mais conhecida, principalmente nos aços desoxidados ao Al, é a alumina, Al_2O_3 .

Figura 9 - Arranjo esquemático da válvula submersa do molde, com destaque para as áreas onde ocorrem obstruções



Fonte: Bannenberg, 1995

Para Rackers e Thomas (1995) o *clogging* é considerado um dos problemas mais danosos na operação de lingotamento contínuo. Devido a necessidade de mudar a válvula ou o distribuidor, ou ter até mesmo que parar o lingotamento, seus efeitos geram aumento do custo operacional, diminuem a produtividade e a qualidade.



3 METODOLOGIA

3.1 Classificação

A metodologia adotada é de natureza aplicada. De acordo com Cervo e Bervian (2007), na pesquisa aplicada o investigador é motivado a adquirir ou gerar novos conhecimentos devido ao seu interesse em contribuir para fins práticos imediatos, na busca de soluções para problemas concretos.

Quanto aos objetivos, classifica-se como pesquisa exploratória, uma vez que esta realiza descrições precisas de uma determinada situação e se interessa em descobrir as relações coexistentes entre seus elementos. Também objetiva-se familiarizar com o fenômeno ou obter uma nova percepção e descobrir novas ideias. A pesquisa exploratória é utilizada quando há pouco conhecimento sobre o problema a ser estudado (CERVO; BERVIAN, 2007).

Outra classificação importante refere-se à abordagem de pesquisa adotada. De acordo com Bryman (1989), as principais preocupações da abordagem quantitativa são mensurabilidade, causalidade, generalização e replicação. A abordagem qualitativa se difere da primeira não por apresentar aversão à quantificação de variáveis, mas pela ênfase na interpretação subjetiva dos indivíduos e pela importância dada ao contexto organizacional.

Sendo assim, a abordagem qualitativa será aqui adotada, pois além da quantificação de variáveis será necessário entender o contexto do ambiente da pesquisa para o alcance do objetivo do trabalho.

Em relação ao procedimento adotado, o estudo de caso foi escolhido como o procedimento de pesquisa. Segundo Yin (2001), o estudo de caso é uma investigação empírica que analisa um fenômeno contemporâneo em seu contexto da vida real a partir de várias fontes de evidências, tendo como resultado o desenvolvimento de proposições teóricas que guiam a coleta e análise de dados obtidos.

3.2 Coleta de dados

Feita as devidas classificações, determina-se a amostra a ser estudada e as técnicas de coleta e análise de dados a serem utilizadas.



Pela facilidade de acesso à informação foi escolhida a organização que a autora vivenciou seu período de estágio. No âmbito da empresa, delimitou-se o estudo à aciaria, mais especificamente ao processo do convertedor e do forno panela.

Os meios para a coleta de dados do processo contaram com: pesquisas documentais a normas e relatórios gerados mensalmente; programas de suporte à gestão utilizados pela empresa; entrevistas não-estruturadas com os operadores de cabine para um melhor entendimento do processo, já que esses retêm grande conhecimento sobre o assunto; e observações do processo e dos métodos de trabalho adotados, possibilitados pela inserção da autora na empresa.

Foram estudados dados relativos à ocorrência de *clogging* referente ao período de janeiro de 2014 a dezembro de 2014. No entanto, os estudos acerca do assunto foram realizados dentro da organização até o mês de junho de 2015.

Com relação às técnicas de análise de dados, utilizou-se o diagrama de pareto para identificar a não conformidade responsável pelo maior número de ocorrências de *clogging*, bem como observar possíveis relações com outras variáveis. Visto tal relação, utilizou-se o *boxplot* para analisar a distribuição dos dados identificados na etapa anterior. O *brainstorming* com os operadores, diagrama de causa e efeito e método dos 5 porquês foram usados para a devida investigação das causas e determinação das causas raízes. Em seguida, foi elaborado um plano de ação contemplando cada uma das causas raízes encontradas. O *minitab* e o *excel* foram os programas escolhidos para o auxílio dessas análises.



4 A APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

4.1 A empresa

A ArcelorMittal Aços Longos surgiu no Brasil no ano de 1921 e atua no controle de um conjunto de usinas siderúrgicas e de trefilarias no Brasil, Argentina, Costa Rica, Trinidad e Tobago.

A empresa tem capacidade instalada de 5,8 milhões de toneladas/ano de laminados e 1,55 mil de toneladas/ano de trefilados, além de apresentar destaque no Setor de Aços Longos com uma completa linha de produtos para a construção civil. Atualmente, é líder na América do Sul na produção de arames para aplicações na indústria e agropecuária, e é considerada uma das três principais produtoras mundiais de fio-máquina para *steelcord*, produto utilizado no reforço de pneus.

A unidade situada na cidade de João Monlevade (MG) possui a principal siderúrgica de Aços Longos da empresa. A ArcelorMittal Monlevade é considerada uma usina integrada, pois seu processo se inicia com o beneficiamento do minério na Mina do Andrade, situada a 11 km da indústria, passa pela sinterização, alto forno, aciaria e se encerra na laminação com a produção do fio-máquina. Produz fio-máquina de baixo e alto teor de carbono e de baixa liga para várias aplicações, destacando-se o fio-máquina para lã de aço e o *steelcord*. A unidade é uma planta de última geração em equipamentos siderúrgicos, resultado de diversos planos de expansão e modernização. Sua produção é destinada ao mercado nacional, clientes internacionais e trefilarias do grupo ArcelorMittal.

4.2 Processo de Produção

O sistema de produção da empresa é descrito a seguir e ilustrado na Figura 10.

- ✓ Sinterização: etapa em que ocorre a formação do sinter. Este produto é um aglomerado de minério de ferro produzido devido a restrição do alto forno em não aceitar granulometria inferior a 4 mm;



- ✓ Alto Forno: etapa em que ocorre a obtenção do ferro gusa, cujo material metálico é composto primordialmente por ferro, altos teores de carbono e impurezas, sendo uma das principais matérias-primas para a aciaria;
- ✓ Aciaria: etapa em que o gusa líquido, produzido na etapa anterior, a sucata e os fundentes são colocados no convertedor dando origem ao aço líquido a partir do sopro de oxigênio. Ao final do sopro é feito o refino secundário no forno panela para conferir maior qualidade ao aço líquido. Por fim, o aço é solidificado no lingotamento contínuo dando origem aos tarugos;
- ✓ Laminação: etapa na qual os tarugos sofrem o processo de conformação mecânica a quente a partir da ação de cilindros e discos, responsáveis por reduzir a área da seção transversal. O produto final dessa etapa é o fio-máquina.

Figura 10 - Fluxo de produção da usina de João Monlevade



Fonte: Adaptado do material interno da empresa

4.3 A aciaria na usina

A aciaria da ArcelorMittal de João Monlevade (MG) opera vinte e quatro horas por dia e em três turnos diferentes. Os funcionários são divididos em quatro turmas (A, B, C e D); sendo assim, uma turma sempre está de folga. A aciaria divide-se nos processos que ocorrem no convertedor, forno panela e na máquina de lingotamento contínuo, respectivamente.

Apresenta uma série de equipamentos, dentre eles:

- ✓ Pote de escória;



- ✓ Pontes rolantes;
- ✓ Três painéis de gusa;
- ✓ Quatro painéis de aço;
- ✓ Misturador (para armazenamento de gusa);
- ✓ Dois convertedores com capacidade de 130 toneladas que funcionam em regime *stand by*, enquanto um opera, o outro fica em espera;
- ✓ Uma lança com vazamento de 400m³ de oxigênio por minuto;
- ✓ Forno painel;
- ✓ Máquina de lingotamento contínuo.

Para propor melhorias que ocasionem a redução das ocorrências de *clogging* na máquina de lingotamento contínuo é fundamental compreender as etapas que acontecem anteriormente no convertedor e no forno painel, pois a partir dessas etapas que é possível efetuar o controle da composição química, bem como o tratamento da inclusão não metálica de alumina, Al_2O_3 , que origina o *clogging*. Os tópicos a seguir descrevem essas etapas.

4.3.1 O convertedor

O processo de refino primário de aços, descrito abaixo, corresponde ao processo de aços desoxidados ao Al - objeto de estudo deste trabalho – pois são nesses aços que ocorrem o *clogging*.

O processo no convertedor inicia-se com o carregamento das matérias-primas. Inicialmente, é feito o carregamento da sucata e o basculamento do convertedor para que a sucata se acomode melhor. Em seguida, é feito o carregamento do gusa proveniente do alto forno. Assim que o convertedor é carregado, uma lança de oxigênio sopra a corrida e as reações químicas se iniciam. Com o aquecimento do banho, ocorre o início da ignição, etapa em que os fundentes são acionados. Os fundentes utilizados no processo são: cal dolomítica, cal calcítica, fluorita, minério e calcários, e os refrigerantes são o minério e a escória recirculada.

O convertedor possui uma ‘saia’ que é abaixada durante as reações para impedir que o ar do ambiente entre em contato com o sopro. De acordo com a empresa, o oxigênio utilizado



pela válvula possui 99% de pureza.

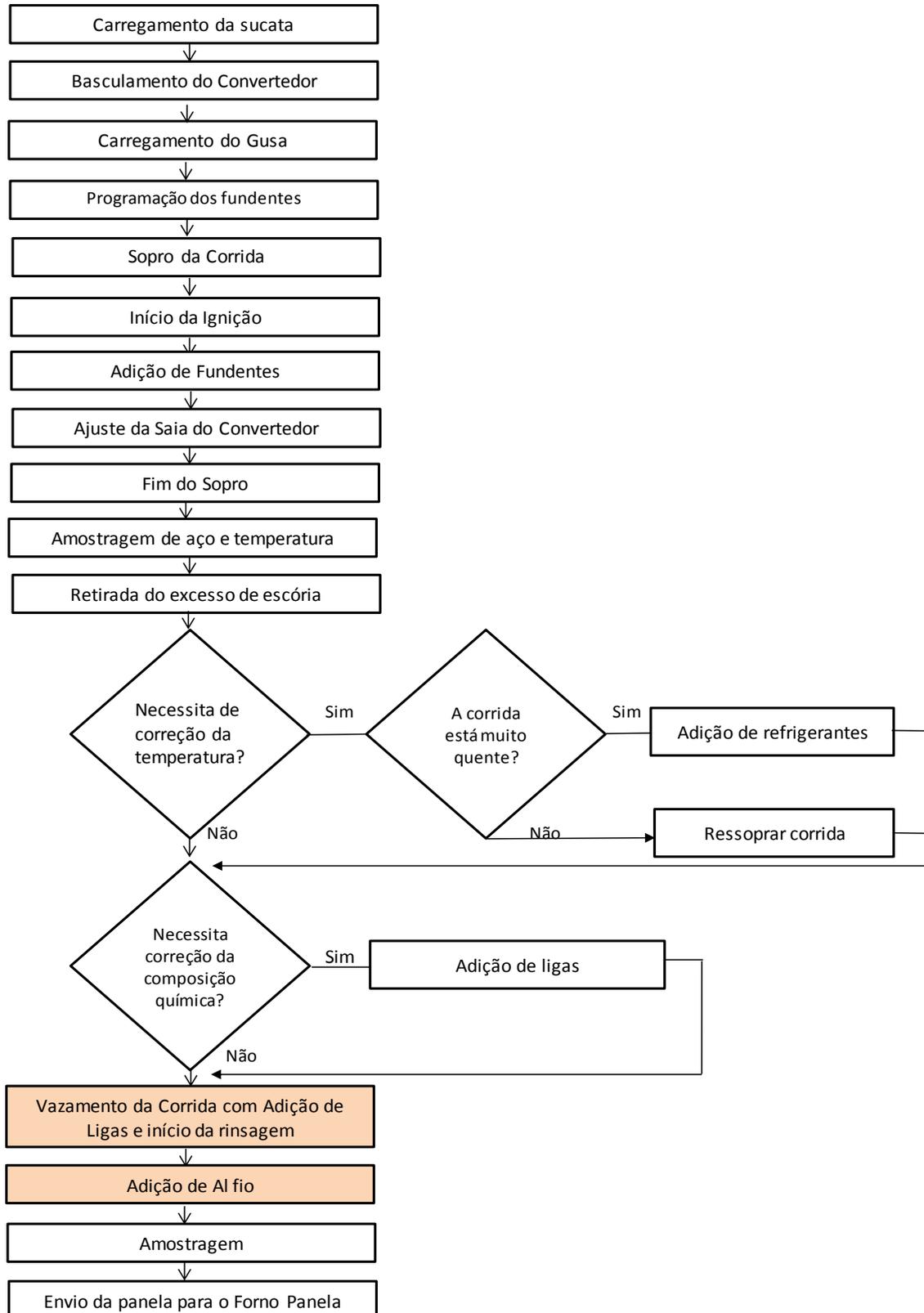
Após o sopro, é retirada uma amostragem de aço e da temperatura, que é enviada ao laboratório. Caso a corrida precise de algum acerto de temperatura ou de composição química, o mesmo é feito, senão a corrida é vazada para a panela. Durante o vazamento ocorre a adição de algumas ligas, como: Mg e Si; e para sua completa homogeneização utiliza-se a técnica da rinsagem. O Al fio é adicionado após o vazamento para não alterar o teor de carbono.

Para encerrar a etapa no convertedor é retirada outra amostragem do aço e da temperatura devido às alterações que foram geradas com a adição de ligas. Essa etapa recebe o nome de análise final do convertedor. Terminado o processo, a panela é enviada ao forno panela e, agora, cabe a ele dar continuidade ao tratamento.

No fluxograma (Figura 11) foi evidenciada a etapa do processo em que ocorre a adição de Al fio ao final do vazamento, pois o O livre no banho reage com o Al e origina a inclusão de alumina, Al_2O_3 ; e a etapa da rinsagem, já que esta é responsável por homogeneizar o banho e acelerar a subida dos óxidos gerados para a escória.



Figura 11 – Fluxograma do processo do convertedor da ArcelorMittal Monlevade



Fonte: Elaborado pela autora, 2015



4.3.2 O forno panela

Na Usina de João Monlevade (MG), após o término do tratamento da corrida pelo convertedor, a panela é levada ao forno panela para dar início ao refino secundário do aço, onde ocorrem o acerto da temperatura, o acerto da composição química e a retirada de impurezas.

Inicialmente, a panela é levada para o berço basculador, onde começará o tratamento da escória. A escória remanescente do convertedor é raspada e, em seu lugar, é adicionada uma escória sintética que não possui teor de FeO tão alto, não é muito oxidada e apresenta um teor de Al mais alto que é compatível com a desoxidação do aço – sendo assim, possui propriedades melhores. Após tal adição, a corrida é levada para a estação de aquecimento, onde será dada a continuidade ao tratamento.

A elaboração do aço consiste em uma sequência de processos de redução e de oxidação. Para garantir o menor teor de oxigênio possível na escória, que afeta fortemente as propriedades do aço, é adicionado Al grão na escória como agente desoxidante e, caso a composição química necessite de correção é adicionado Al fio no banho.

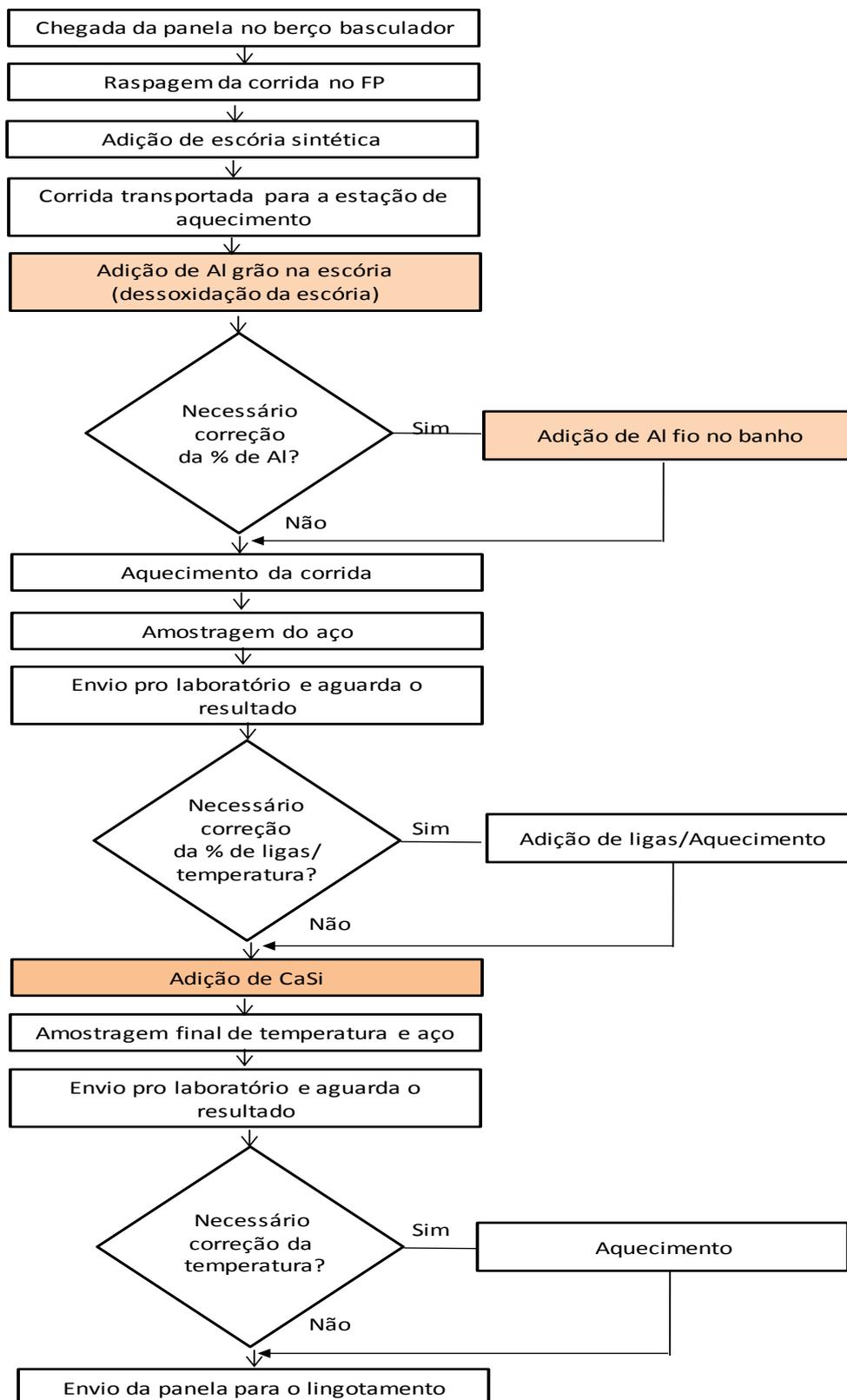
Em seguida, o banho é aquecido para garantir a fusão completa da escória. Para verificar se a composição química visada está sendo atendida, são retiradas amostras da escória e do aço, que são enviadas ao laboratório. Caso necessário, é feita a correção do Al, de algumas ligas e da temperatura.

O início da agitação final é marcado pela injeção de CaSi no banho, que tem por finalidade mudar a morfologia da inclusão que foi gerada a partir da adição de Al em alguma etapa do processo. Aos 5 minutos de agitação final é feita a amostragem final de aço e escória e, aos 2 minutos, para concluir a agitação final, ocorre a medição da temperatura. Caso necessário, ocorre a correção da temperatura, senão a panela é liberada e transportada para o lingotamento contínuo.

No fluxograma (Figura 12) foram evidenciadas as etapas de adição de Al grão na escória e de Al fio no banho devido ao produto de sua reação com o O, Al_2O_3 , e a etapa em que ocorre sua tratativa, adição de CaSi, pois estas desempenham papel importante na geração do *clogging*.



Figura 12 - Fluxograma do processo do forno panela da Arcelormittal Monlevade



Fonte: Elaborado pela autora

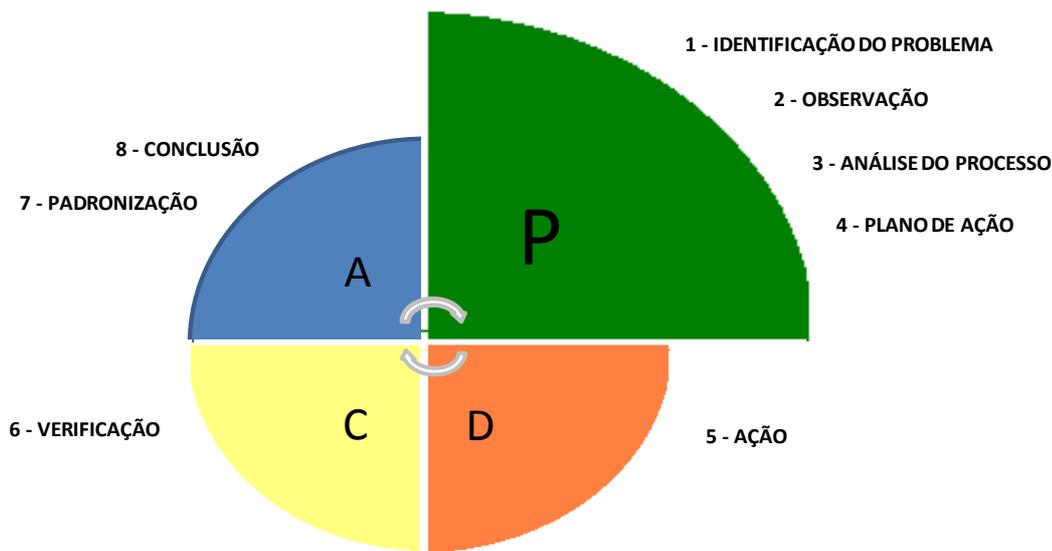


5 O CONTROLE DO PROCESSO

5.1 O ciclo PDCA

A fim de sugerir melhorias ao processo de uma forma organizada, utilizou-se parte do PDCA. Este estudo se restringiu apenas à fase P (Plan), pois o mesmo não será aplicado na empresa. O primeiro passo, conforme é apresentado na Figura 13, consiste na identificação do problema, seguido da observação, da análise do processo e da elaboração do plano de ação. Optou-se por manipular alguns dados, de maneira que a análise continuasse a mesma e os dados reais do processo não fossem divulgados. A Figura 13 ilustra cada uma dessas etapas do ciclo PDCA:

Figura 13 - Fase de planejamento do PDCA de melhorias



Fonte: Elaborado pela autora, 2015

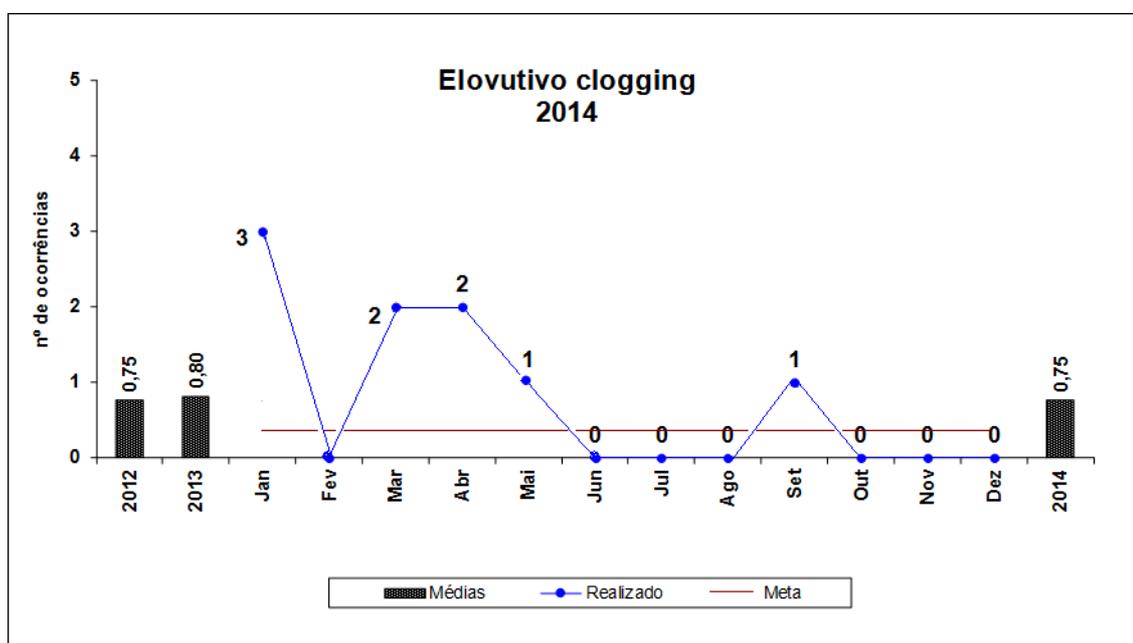
5.1.1 Identificação

Sabe-se que o processo de refino primário e secundário do aço requer uma série de operações para que o mesmo consiga atender às faixas de exigências almejadas para cada tipo de aço e que consiga, assim, ser lingotado perfeitamente. As corridas com valores que fogem do especificado apresentam problemas em alguma etapa do processo, como é o caso do *clogging*.



A anomalia *clogging* ou má lingotabilidade aparece como um dos redutores de velocidade da máquina de lingotamento contínuo devido ao depósito de inclusões não metálicas de alumina, Al_2O_3 , nas válvulas submersas. De acordo com a Figura 14, o estudo do *clogging* torna-se importante devido a sua repercussão ao longo dos meses e por suas médias anuais – exemplificados pela colunas – terem apresentados valores acima da meta de 0,35, além dos resultados indesejados ao processo.

Figura 14 – Evolutivo *clogging* 2014



Fonte: Elaborado pela autora

Entre os resultados indesejados do *clogging* tem-se a parada da máquina de lingotamento contínuo com todos os veios obstruídos, exemplificado pelas colunas brancas da Figura 15, e, conseqüente, atraso no atendimento da programação, além de perda de mais de 1000 toneladas de produção só no ano de 2014, perda financeira e retorno de toneladas de aço para vala.



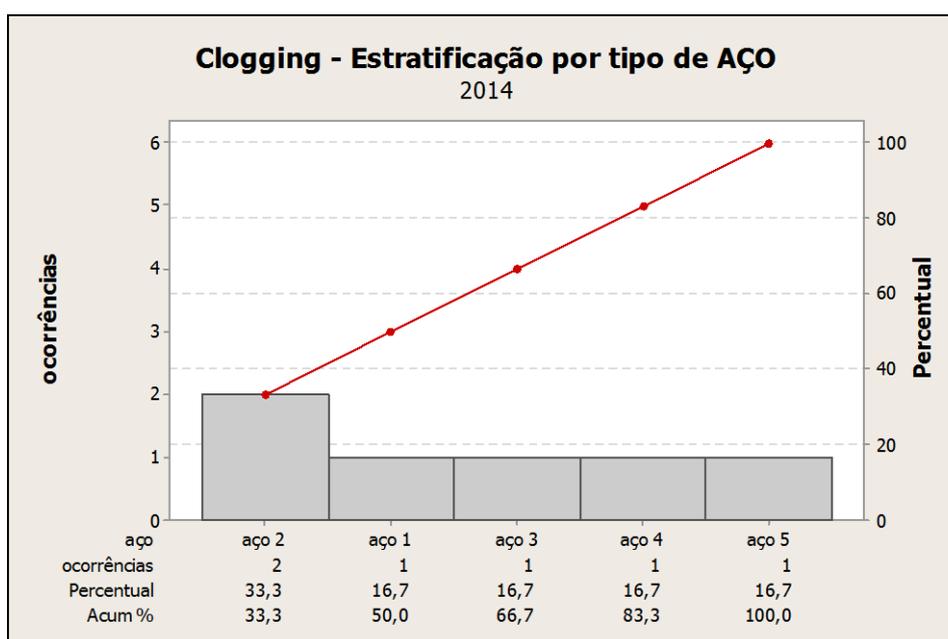
As causas identificadas que culminaram na ocorrência de *clogging*, ou seja, responsáveis por proporcionar ao banho grandes quantidades de inclusões de alumina, Al_2O_3 , foram o alto teor de Al, alto teor de O e a morfologia da inclusão não ter sido alterada. A partir da análise da figura 16, observa-se que 66,7% dos casos de *clogging* ocorreram devido ao alto teor de Al da corrida. Partindo do princípio do diagrama de pareto, de atuação nas poucas causas vitais visando atuar corretivamente nelas, a análise dos dados, a partir de então, será focada na causa: alto teor de Al.

5.1.2 Observação

Após a identificação, obtêm-se informações a respeito das causas do alto teor de Al através da observação. Dentre as variáveis do processo, buscou-se achar relação com o tipo de aço e as turmas.

Quanto ao tipo de aço, sabe-se que o *clogging* ocorre apenas em aços desoxidados ao Al. Sendo assim, a Figura 17 tenta evidenciar algum tipo de aço com maior frequência dentre os demais. Das seis ocorrências verificadas, basicamente cada uma delas ocorreu com um tipo de aço diferente, com exceção do Aço 02, que apareceu com duas ocorrências ao longo do ano.

Figura 17 – Estratificação por tipo de aço 2014

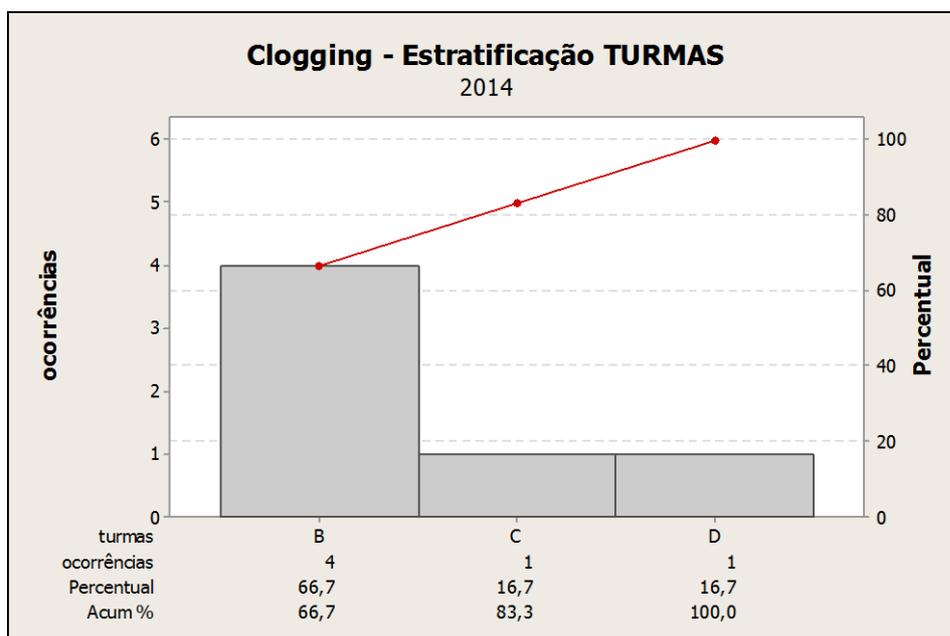


Fonte: Elaborado pela autora, 2015



Na Figura 18 é possível perceber uma relação mais clara com o problema. Das seis ocorrências por alto teor de Al, quatro foram causadas pela turma B, expressando 66,7% do total, enquanto que as turmas C e D apareceram empatadas na Figura, com apenas uma ocorrência. Já a turma A nem apareceu na Figura, por não ter sido responsável por nenhuma das ocorrências.

Figura 18 – Estratificação Turmas 2014



Fonte: Elaborado pela autora, 2015

Após a identificação do problema e as observações feitas sobre o mesmo, deve-se, a partir da próxima fase do PDCA, fazer as devidas análises.

5.1.3 Análises

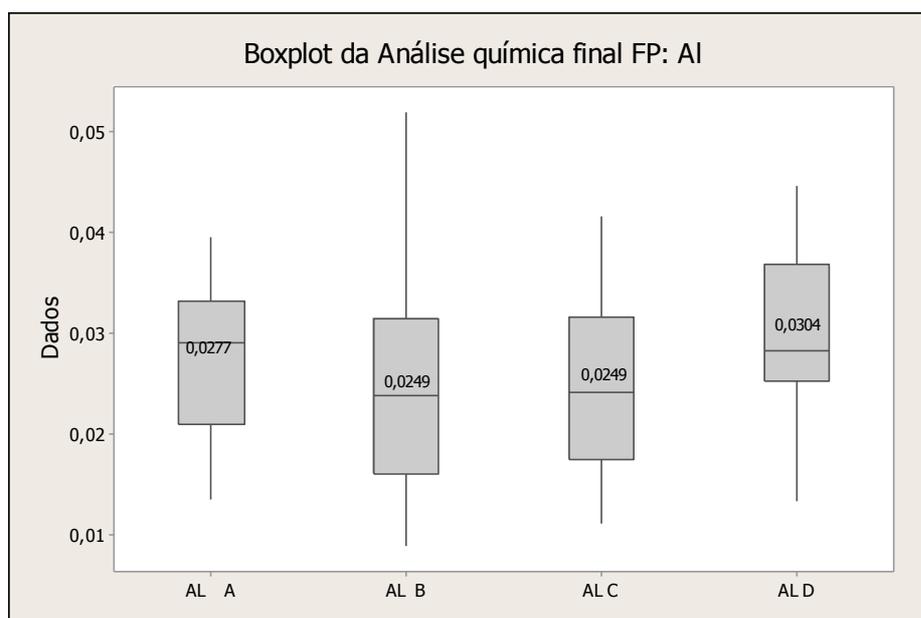
A partir dos dados da análise química do Al no aço 02 ao final do forno panela utilizou-se o *boxplot* (Figura 19) para avaliar a distribuição dos dados. O centro da distribuição é representado pela linha da mediana e apresentou os seguintes valores: 0,027; 0,025; 0,025 e 0,030. A altura do retângulo é definida pelo primeiro e terceiro quartil e delimita onde estão os 50% dos valores.

Visto que a não conformidade estudada refere-se ao alto teor de Al, torna-se importante a análise dos dados que excedem o limite superior de Al desse aço, que é de 0,035 de acordo



com a empresa. Ao observar a haste superior dos gráficos, constata-se que o *boxplot* da turma B apresentou a haste com maior comprimento dentre as demais, chegando a valores maiores que 0,050 - extremamente perigosos ao processo e que, possivelmente, foram os que acarretaram na ocorrência de *clogging*.

Figura 19 – Boxplot da análise química forno panela final do Al

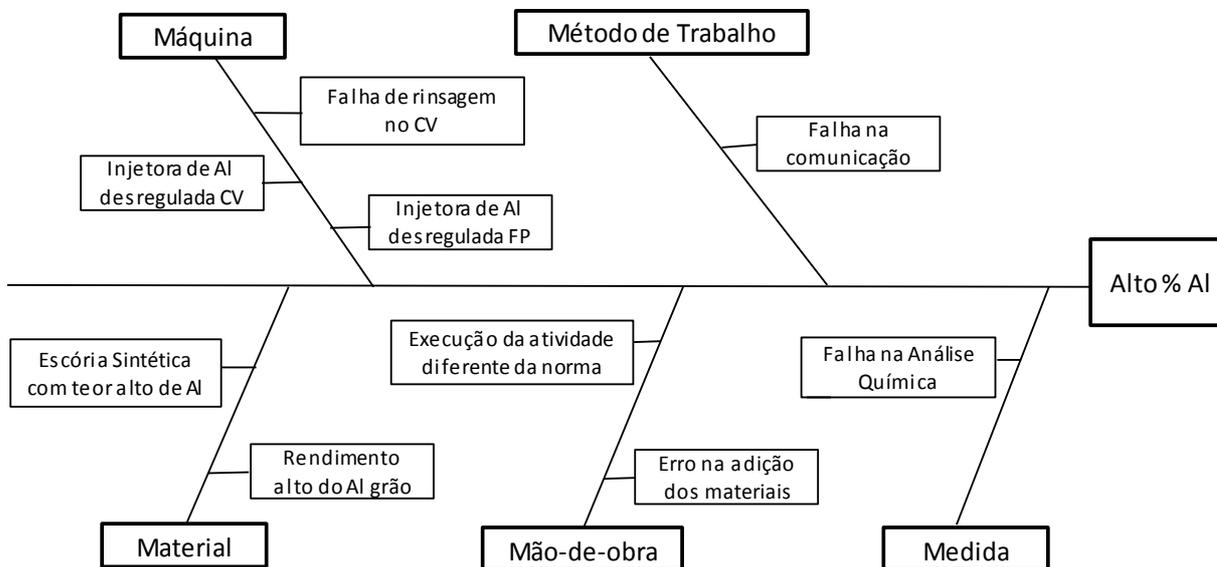


Fonte: Elaborado pela autora, 2015

Para dar continuidade às análises realizou-se um *brainstorming* entre os operadores, onde foram identificadas algumas possíveis causas do alto teor de Al. O diagrama de causa e efeito foi escolhido para ajudar na compreensão e visualização, a partir da relação de cada uma das categorias (5M) – adaptação dos 6M - com o alto teor de Al (Figura 20).



Figura 20 – Diagrama de causa e efeito



Fonte: Elaborado pela autora, 2015

Nesta parte da análise, observou-se que os fatores responsáveis pelo alto teor de Al referentes à máquina poderiam ser a injetora de Al desregulada - tanto no convertedor quanto no forno panela - fazendo com que fossem injetadas ao banho quantidades maiores do que as desejadas; e a falha de rinsagem no convertedor que acarreta na má homogeneização do Al, gerando resultados falsos. Portanto, como a mistura não foi bem sucedida, ao chegar no forno panela o Al pode apresentar um valor de 0,027, por exemplo, e, em seguida, começar a render no banho e esse valor cair para 0,003; como tentativa de tratativa, adiciona-se muito Al no forno panela e não há tempo para tratar a corrida, ocasionando assim, em alto teor de Al.

Com relação ao método de trabalho, é fundamental a comunicação dos operadores do forno panela, tanto entre eles, quanto com os operadores do convertedor, sendo a recíproca também verdadeira. Utilizando o exemplo dado sobre a rinsagem no parágrafo anterior, é imprescindível que os operadores do convertedor comuniquem ao pessoal do forno panela que a rinsagem foi incompleta, para que a equipe do forno panela comece o tratamento o mais rápido possível, fato este que os operadores relataram que nem sempre é feito.

No quesito material, a escória sintética adicionada no forno panela para tratamento do banho pode apresentar teor alto de Al e, o Al grão adicionado ao processo para desoxidação da escória pode apresentar rendimento acima do esperado.



Com relação à mão de obra, os fatores atribuídos ao alto teor de Al foram os possíveis erros no cálculo da adição de Al fio e Al grão cometidos pelos operadores, adicionando quantidades maiores que as necessárias e a falta de treinamento, algumas vezes percebida em que a norma para os referidos aços não eram seguidas adequadamente.

Em relação à medida atribui-se à falha na análise química responsável por gerar resultados errôneos da composição química e fazer com que os operadores adicionem mais Al para alcançar a faixa de composição química exigida.

A causa primária referente ao meio ambiente não foi abordada, pois não se aplica a este estudo.

A partir do levantamento das possíveis causas obtidas pelo diagrama de causa e efeito, a ferramenta dos 5 porquês foi utilizada com o intuito de encontrar a causa raiz da não conformidade. O Quadro 2 aborda o método 5 porquês para o modo de falha em questão: alto teor de Al.



Quadro 2 – Métodos dos 5 Porquês

MÉTODO DOS 5 PORQUÊS (Identificação das Causas Fundamentais)					
MODO DE FALHA	POR QUÊ?	POR QUÊ?	POR QUÊ?	POR QUÊ?	POR QUÊ?
Alto % Al	Falha de rinsagem no CV	Problemas na tubulação do equipamento	A mangueira está vazando	Está furada	Sujeira
			A tubulação está amassada	mau uso	
		Poroso da Panela foi mal limpo		funcionário não executou bem a atividade	A tubulação bateu em alguma sujeira
			Falta de atenção		
			Não se sente motivado		
	Escória Sintética com teor alto de Al	Composição química fora da especificação	Fornecedor não atendeu a especificação		
	Falha na comunicação	Operadores não repassam as informações	Falta de atenção		
	Injetora de Al desregulada CV	Falta manutenção preventiva	Falta de supervisão		
		Falta de peças para reposição			
	Injetora de Al desregulada FP	Falta manutenção preventiva	Falta de supervisão		
		Falta de peças para reposição			
	Erro na adição de alumínio	Falta de atenção			
		Não conhecimento da norma	falta de treinamento		
		Falha de comunicação	Operadores não repassam as informações	Falta de atenção	
	Falha na análise química	Máquina gerando resultados errados	Falta manutenção preventiva	Falta de supervisão	
		Falta de atenção			
	Execução da atividade diferente da norma	Não conhecimento da norma	falta de treinamento		
		descompromisso do funcionário	não se sente motivado		
Rendimento alto do Al grão	Pacote contendo mais que a quantidade especificada	Fornecedor não atendeu a especificação			

Fonte: Elaborado pela autora, 2015



Iniciando a análise do Quadro 2 pelo modo de falha alto teor de Al, surge o primeiro porquê do método, sendo respondido por nove possíveis causas encontradas com o auxílio do diagrama de causa e efeito.

Na segunda coluna, como primeira possibilidade de causa aparece a falha de rinsagem no conversor. Seguindo a linearidade do problema, há duas hipóteses apresentadas na coluna 3. A primeira consiste na existência de problemas na tubulação do equipamento e, a segunda, no plug poroso² da panela ter sido mal limpo.

Associado à primeira causa - dos problemas na tubulação do equipamento - o vazamento da mangueira é uma das raízes do problema presente na coluna 4, que por continuidade pode estar furada. Na mangueira podem existir sujeiras no meio, as quais ocasionaram seu furo. A segunda raiz do problema, apresentada na coluna 4, é que a tubulação pode estar amassada devido ao mau uso do equipamento, ou então, a tubulação pode ter batido em alguma sujeira, e como consequência ter furado, já que a vala encontra-se suja.

Com relação à segunda causa da coluna 3, o plug poroso da panela pode ter sido mal limpo, na qual a vicissitude encontrada é a do funcionário não ter executado bem a atividade por falta de atenção ou por não se sentir motivado.

Retomando a coluna 2, a segunda causa que responde o porquê do alto teor de Al é a escória sintética com teor alto de Al. A escória sintética é comprada pela empresa e possui uma certa especificação a seguir. Sendo assim, essa situação é respondida devido ao fato da composição química estar fora da especificação que, conseqüentemente, justifica-se pela falta de controle do fornecedor em não ter entregue o produto de acordo com as exigências estabelecidas.

A terceira causa que responde ao problema central consiste na falha de comunicação, sendo justificada pelo fato dos operadores não repassarem as informações por falta de atenção.

A quarta e quinta causas consistem na injetora de Al desregulada no conversor e no

² Plug poroso: peça refratária situada ao fundo da panela.



forno panela, respectivamente, que ocorre devido à falta de manutenção preventiva ou à falta de peças para reposição. Ambas justificam-se pela falta de supervisão da atividade.

A sexta causa refere-se ao erro na adição de Al. Tal equívoco pode ser ocasionado pela falta de atenção do trabalhador, por não conhecer a norma que aborda a questão de falta de treinamentos e por falha de comunicação, repetindo, assim, a situação da causa 3. Logo, as informações não são repassadas por falta de atenção dos operadores.

A sétima causa consiste na falha da análise química. Tal falha pode ser ocasionada devido à falta de atenção do trabalhador ou pela desconfiguração do equipamento, que gera resultados errôneos. A desconfiguração do equipamento, por sua vez, ocorre devido a falta de manutenção preventiva, que é ocasionada pela ausência de supervisão.

A oitava causa é a execução da atividade diferente da norma. Pode ser ocasionada pelo não conhecimento da norma que remete à falta de treinamento, ou pelo descompromisso do operador que não se interessa em executar bem sua atividade, visto que o mesmo não se sente motivado.

A última causa em questão é o rendimento alto do Al grão. Neste caso, o Al vem em pacotes e possui rendimento de 100%. Logo, para que o rendimento seja acima do esperado é preciso que o pacote contenha mais do que a quantidade especificada, repetindo-se o erro do fornecedor como na segunda causa.

5.1.4 Plano de ação

Por fim, uma vez que as causas raízes foram descobertas, foi elaborado um plano de ação no qual se estabeleceu, entre outros pontos, as principais ações a serem tomadas, os responsáveis e a área de aplicação (Quadro 3).



Quadro 3 – 5W2H Plano de Ação

5W2H - PLANO DE AÇÃO							
PROBLEMA	WHAT (O QUÊ)	WHY (POR QUE)	WHERE (ONDE)	WHO (QUEM)	WHEN (QUANDO)	HOW (COMO)	HOW MUCH (QUANTO)
Falta de treinamento e uso indevido de equipamentos	Fornecer treinamento intensivo aos funcionários, de acordo com os procedimentos da empresa e experiências de profissionais da área	mão de obra qualificada gera: melhores resultados e qualidade	Aciaria (convertedor/forno panela)	Gestores da Aciaria	*não se aplica	treinamento teórico através de palestras e na prática por profissionais qualificados	* não se aplica
Falta de atenção	respeitar as horas de trabalho e período de descanso	melhores condições de trabalho resultam em maior atenção e interesse do funcionário	Aciaria (convertedor/forno panela)	operadores/gestores		respeitando-se as horas de trabalho e período de descanso	
	troca de informações e experiências entre a turma e com as outras	maior coesão e comunicação entre o grupo	Aciaria (convertedor/forno panela)	operadores		reuniões frequentes entre operadores de turmas diferentes e troca de coordenadores entre as turmas	
Fornecedor que não atende a especificação	Aumentar a exigência sobre os fornecedores	material que respeita a especificação diminui a ocorrência de problemas no processo	Aciaria (convertedor/forno panela)	Gestores da Aciaria		reunião com fornecedores	
Falta de supervisão	Aumentar a supervisão sobre manutenção do maquinário e peças faltando	supervisionando o maquinário, diminui-se seus problemas de desempenho	Aciaria (convertedor/forno panela)	Gestores da Aciaria		Acompanhando o caderno de controle de processo e fazendo reuniões com os operadores	
sujeira	Aumentar a cobrança pela limpeza dos equipamentos	equipamento limpo evita problemas na tubulação	Aciaria (convertedor/forno panela)	Gestores da Aciaria		Ao início e final da atividade inspecionar a limpeza do equipamento	
Falta de motivação do funcionário	Incentivar a participação dos funcionários no processo, valorizar desempenhos e criar um ambiente agradável	funcionário que sente que seu trabalho faz a diferença na organização, sente-se mais motivado e trabalha buscando melhores resultados	Aciaria (convertedor/forno panela)	Gestores da Aciaria		Convidando-os para participar de reuniões, elogiando-os por bons resultados, ouvindo e, quando possível, implementando suas ideias, [...]	

Fonte: Elaborado pela autora, 2015



Para as causas identificadas, como: uso indevido dos equipamentos e falta de treinamento, situadas na primeira coluna e na primeira linha, estabeleceu-se que devem ser fornecidos pela empresa treinamentos intensivos aos funcionários, de acordo com os procedimentos da empresa e experiências de profissionais inerentes à área. Tais treinamentos devem ser teóricos, por meio de palestras, como também práticos através da execução das atividades por profissionais qualificados.

A justificativa para essas ações é simples. Funcionários com conhecimentos adequados acerca de sua atividade possuem melhor desempenho e garantem melhores resultados e maior qualidade do processo.

Para a causa falta de atenção, situada na primeira coluna e na segunda linha, propõe-se que, as horas de trabalho e o período de descanso do operador devem ser respeitadas, já que melhores condições de trabalho resultam em maior atenção e motivação do funcionário.

Ainda com relação à falta de atenção do operador, sugeriu-se a troca de informações e experiências entre a própria turma e com as demais. Tal ação é muito importante para a maior coesão e comunicação entre o grupo, principalmente devido à diferença constatada no estudo no desempenho da turma B com as demais. Para garantir uma melhora nesse ponto, sugeriu-se realizar reuniões frequentes entre operadores de turmas diferentes e troca de coordenadores entre as turmas, para que o conhecimento não fique retido e possa ser compartilhado de forma igualitária entre todas as equipes.

Com relação à causa fornecedor que não atende a especificação, situada na primeira coluna e na terceira linha, sugeriu-se que é preciso aumentar a exigência sobre os fornecedores, pois o material que respeita a especificação diminui a ocorrência de não conformidades no processo. Essa medida pode ser tomada através de reuniões com os fornecedores.

Para a causa falta de supervisão, situada na primeira coluna e na quarta linha, sugeriu-se aumentar a supervisão sobre a manutenção do maquinário e a falta de peças, através do acompanhamento do caderno de controle de processo e por meio de reuniões com os operadores, que muitas vezes deixam de registrar acontecimentos importantes no cotidiano de suas atividades.



Com relação à causa sujeira, situada na primeira coluna e na quinta linha, optou-se por aumentar a cobrança da limpeza dos equipamentos para garantir que, problemas ocasionados devido à sujeira e a projeção deixem de acontecer. Como medida, foi proposto que, ao início e final de toda atividade, o maquinário a ser utilizado seja devidamente inspecionado.

Por fim, para a causa falta de motivação do funcionário, situada na primeira coluna e na última linha, foi proposto o incentivo à participação dos funcionários no processo, a valorização adequada de desempenhos e a criação de um ambiente de trabalho agradável. Tais medidas podem ser adotadas visando integrar cada funcionário ao processo: convidando-os para participar de reuniões, ouvindo e implementando suas ideias, sempre que possível, e elogiando-os por bons resultados obtidos. Por fim, cabe à empresa certificar-se de que os equipamentos e ferramentas de trabalho dos funcionários estão adequados, possibilitando-lhes segurança e qualidade na execução do seu trabalho.

Tais medidas são extremamente importantes, principalmente devido à diferença de desempenho entre as turmas, conforme constatada no decorrer do estudo. A turma B pode sentir que seu trabalho gera resultados inferiores às demais turmas e, devido a sua desmotivação pode não procurar aperfeiçoá-los. Com a criação de um ambiente agradável no qual o funcionário sente que seu trabalho faz a diferença para a organização, aumenta-se sua motivação e sua vontade de ver a empresa obter bons resultados.

Todas as proposições feitas neste estudo visaram ser implementadas na aciaria, mais especificamente no convertedor e no forno panela, pois foram os locais onde as possíveis causas foram diagnosticadas, como plausíveis de acontecer. Além disso, ficou a cargo dos gestores e operadores da aciaria a execução das atividades.

Ao montar o plano de ação não se aplicou as perguntas ‘quando e quanto’, pois esse trabalho se delimitou à proposição de melhorias sem aplicação prática. Sendo assim, informações de tempo e custos não foram abordadas pela autora.



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo realizar um diagnóstico e propor melhorias no processo de uma aciaria visando a redução na ocorrência de *clogging*. Para isso, foi importante, inicialmente analisar seu processo produtivo e mapear as etapas ligadas ao *clogging*, a fim de viabilizar o entendimento do assunto e seus possíveis impactos à produção.

Com a ajuda do método PDCA e das ferramentas da qualidade, foi definida a não conformidade responsável pelo maior número de ocorrências do *clogging*, alto teor de Al, para realizar um estudo eficaz e trabalhar sobre a causa que geraria mais melhorias ao processo. Após a definição, buscou-se alguma relação com variáveis do processo, visto que, a variável turma possui grande correlação, já que, dentre elas, a turma B foi responsável por 4 das 6 ocorrências detectadas.

As demais etapas do método acharam as possíveis causas do alto teor de Al a partir de um *brainstorming* com os operadores e, por fim, foi feito o plano de ação com algumas sugestões de medidas visando melhorias.

A metodologia adotada para guiar os estudos mostrou-se altamente eficiente para alcançar os objetivos que foram previamente determinados. O método PDCA e as ferramentas da qualidade foram fundamentais para a devida coleta e análise de dados, uma vez que dão o correto passo a passo e delimitam o estudo, permitindo que o mesmo seja focado nas variáveis que realmente impactam no processo e trazem resultados.

A busca pela excelência em seus processos traz inúmeros benefícios para a empresa. Neste caso, as medidas propostas visando a redução do alto teor de Al para a consequente minimização das ocorrências de *clogging* possibilitam economia de custos, tempo, material e trabalho. Além da economia, trabalhar em prol da melhoria dos processos remete em satisfação do cliente, lucratividade, melhores condições de trabalho, segurança e capacidade da empresa se manter competitiva no mercado siderúrgico, altamente acirrado.



REFERÊNCIAS

BANNERBERG, N. **Inclusion Modification to Prevent Nozzle Clogging**. In: STEELMAKING CONFERENCE PROCEEDINGS, Nashville, Proceedings...p. 457-463, 1995.

BEHR, A; MORO, E. L.S; ESTABEL, L. B. **Gestão da biblioteca escolar: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviços de biblioteca**. Ciência da Informação, v. 37, n. 2, p. 32-42, 2008.

BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. London: Unwin Hyman, London, 1989. 283 p.

CAMPOS, V. F. **TQC - Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 8. Ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

_____. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-Dia**. 8. Ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002.

CARPINETTI, L. C. *et al.* **Gestão da Qualidade: ISO 9001:2000: Princípios e requisitos**. São Paulo: Atlas S.A, 2007. 110 p.

CARVALHO, M. M. C.; PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Campus, Elsevier, 2012.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**. 6ªed. São Paulo: Pearson Education - Br, 2007.

COLENGHI, V. M. **O&M e Qualidade total: uma interpretação perfeita**. 3 ed. Uberaba: V.M., 2007.

COMPETITIVIDADE na indústria do aço é destaque durante conferência sobre a china no 26º Congresso Brasileiro do Aço. **Instituto Aço Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/congresso2015/imprensa/releases/competitividade-na-industria-do-aco-e-destaque-durante-conferencia-sobre-a-china-no-26o-congresso-brasileiro-do-aco>>. Acesso em: 02 jan. 2016.

DEKKERS, R. *et al.* **Non-metallic Inclusions in Aluminium Killed Steels**. Ironmaking and Steelmaking, vol. 29, nº6, p. 437-444, 2002.

FACO, R. J. **Levantamento das inclusões nos principais grupos de aços produzidos em aciaria do tipo LD**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

FRACALOSSO JÚNIOR, E. C. **Desenvolvimento do Modelo de Sopro Dinâmico e Bloqueios de segurança usando a análise de gás Online dos Convertedores da AM Monlevade**, 2013. Dissertação – Programa de Pós Graduação em Engenharia Metalúrgica,



Materiais e Minas – Universidade Federal de Minas Gerais.

GOMES, P. **A evolução do conceito de qualidade: dos bens manufacturados aos serviços de informação.** IN: Cadernos BAD, v. 2, p. 6-18, 2004. Disponível em: <<http://eprints.rclis.org/bitstream/10760/10401/1/GomesBAD204.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2015.

GONÇALVES, H. F. P. *et al.* **Estudo da técnica post-stirring e mecanismos envolvidos.** Tecnologia em metalurgia, materiais e mineração, v. 9, n. 1, jan.-mar. 2012.

JURAN, J. M. **A qualidade desde o projeto:** os novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços. São Paulo: Pioneira Thimson, 2001.

LENZI, F. *et al.* **Ação Empreendedora: Como desenvolver e administrar o seu negocio com excelência.** São Paulo: Editora Gente, 2010. 408 p.

MAGALHÃES, H. L. G. **Melhoria da limpidez do aço SAE 1045 desoxidado ao alumínio com aplicação na indústria automobilística, utilizando termodinâmica computacional.** 2010. Dissertação – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Materiais – Rede Temática em Engenharia de Materiais.

MAICZUK, J.; ANDRADE JÚNIOR, P. P. **Aplicação de ferramentas de melhoria de qualidade e produtividade nos processos produtivos: um estudo de caso.** Qualitas Revista Eletrônica, v. 14, n. 1, 2013. Disponível em: <<file:///C:/Users/Windows/Downloads/1599-5137-1-PB.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2015

MARSHALL JÚNIOR, I. *et al.* **Gestão da qualidade.** 9. ed. Rio de Janeiro: editora FGV, 2008.

MATA-LIMA, H. **Aplicação de Ferramentas da Gestão da Qualidade e Ambiente na Resolução de Problemas.** 2007. Apontamentos da Disciplina de Sustentabilidade e Impactes Ambientais. Universidade da Madeira (Portugal).

MEDEIROS, S. M. **Verificação do efeito do teor de alumínio na ligotabilidade, na limpeza inclusionária e no tamanho de grão do aço din 38b3.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Metalúrgica) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

MEIRA, R. C. **As ferramentas para a melhoria da qualidade.** Porto Alegre: SEBRAE, 2003.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico de Qualidade.** 4a Ed. LTC, 2004.

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



Bookman, 1997. 149 p.

PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: Teoria e Prática**. São Paulo: Atlas, 2000.

PEREIRA, R. R. **Ajuste da composição química do aço ca-50 em usina siderúrgica semi-integrada**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso. – Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, Rio de Janeiro, 2009.

RACKERS, K.; THOMAS, B. **Clogging in continuous casting nozzles**. 78 Steelmaking Conference Proceedings, Nashville, April, 1995.

RAMOS, A. W. **CEP para processos contínuos e em bateladas**. 1º Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

REEVES, C. A.; BEDNAR, D. A. **Defining quality: alternatives and implications**. *Academy of Management Review*, v. 19, n. 3, p. 419-445, 1994.

RIZZO, E. M. S. **Introdução aos processos de refino primário dos aços nos convertedores a oxigênio**. São Paulo, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2006a.

_____. **Introdução aos processos de refino secundário dos aços**. São Paulo, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2006b.

_____. **Introdução aos processos siderúrgicos**. Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração, 2005.

ROCHA, B. P. **Estudo da viabilidade da reutilização da escória do refino secundário no forno elétrico a arco**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Metalúrgica) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

RODRIGUES, M. V. **Ações para a Qualidade**. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2010.

SILVA JÚNIOR, V. G. da. **Verificação do efeito de injeção de gás através de válvulas submersas multiporos sobre a lingotabilidade e limpeza do aço**. 2009. Dissertação - Programa de Pós Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e Minas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

TRINDADE, C. *et al.* **Ferramentas da qualidade: aplicação na atividade florestal**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000.

TRIVELLATO, A. A. **Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo pdca para melhoria contínua: estudo de caso numa empresa de auto peças**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.



VENDA de aço cai 18% em novembro e setor pode parar novas unidades. **Instituto Aço Brasil**. 2015. Disponível em:
<http://www.acobrasil.org.br/site2015/noticia_interna.asp?id=12653>. Acesso em: 02 jan. 2016.

VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos**. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, 1995.

_____. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Werkema Editora Ltda, 2006.

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

ZHANG, L. **Inclusion and bubble in steel – A review**. Journal of iron and Steel Research International, v.13, 2006.