UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

KLISSIAN CHINAIDER DOS REIS

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA MASP PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE AREIA EBT NO FORNO ELÉTRICO A ARCO DE UMA SIDERÚRGICA.

JUIZ DE FORA
2017

KLISSIAN CHINAIDER DOS REIS

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA MASP PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE AREIA EBT NO FORNO ELÉTRICO A ARCO DE UMA SIDERÚRGICA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Henrique Dias Alves.

Co-Orientador: Prof. Dr. Marcos Martins Borges

JUIZ DE FORA

2017

FICHA CATALOGRÁFICA - BIBLIOTECA UFJF

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração
automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Reis, Klissian Chinaider dos .
APLICAÇÃO DA FERRAMENTA MASP PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE AREIA EBT NO FORNO ELÉTRICO A ARCO DE UMA SIDERÚRGICA. / Klissian Chinaider dos Reis. -- 2017.
69 p.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Henrique Dias Alves
Coorientador: Prof. Dr. Marcos Martins Borges
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2017.

1. Trabalho de Conclusão de Curso. 2. Siderurgia. 3. Gestão da Qualidade. I. Alves, Prof. Dr. Luiz Henrique Dias , orient. II. Borges, Prof. Dr. Marcos Martins , coorient. III. Título.

KLISSIAN CHINAIDER DOS REIS

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA MASP PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE AREIA EBT NO FORNO ELÉTRICO A ARCO DE UMA SIDERÚRGICA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em 22 de Novembro de 2017.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Luiz Henrique Dias Alves (Orientador)

Universidade Federal de Juiz de Fora

_____

Prof. Dr. Marcos Martins Borges (Co-Orientador)

Universidade Federal de Juiz de Fora

_____

Engenheiro Thales Fonseca de Paula

RHIMagnesita

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus, por me dar Forças e por me dar a Oportunidade de Estudo numa Universidade como a de Juiz de Fora;

A minha família, em especial, aos meus pais Ivan Reis e Clotilde Reis e meu irmão Alerrandro que sempre me apoiaram em minhas decisões e me deram força para seguir em frente;

A minha namorada Ayuri Evellin por estar sempre ao meu lado e nunca me deixando desistir, mesmo nos momentos mais difíceis;

A todos os professores, principalmente ao Luiz Henrique que desde o Ensino Médio vem me apoiando e me orientando;

Aos Amigos da Magnesita e ArcelorMittal que foram primordiais em minha formação profissional, agregando-me o conhecimento prático e a experiência de viver o dia a dia de uma Siderúrgica.

Aos meus Amigos pelo habitual companheirismo e por me proporcionarem momentos incríveis.

RESUMO

O trabalho de Conclusão de Curso teve como Objetivo reduzir o consumo de Areia refratária utilizada no enchimento do canal de vazamento de um Forno Elétrico a Arco do tipo EBT (*Eccentric Bottom Tap-hole).* Para fim de estruturar as atividades desenvolvidas no projeto foi utilizada a metodologia da Gestão da Qualidade chamada de MASP (Metodologia de Análise e Solução de Problemas) que é um PDCA específico para a melhoria de resultados das companhias que buscam melhoria continua em seus processos de forma ágil e eficiente. A fim de dar suporte ás análises e tomadas de decisão, foram utilizadas outras ferramentas da Gestão da Qualidade como Diagrama de Ishikawa, 5W2H e Brainstorming e também Gestão da Manutenção. Ao final do trabalho, se conseguiu um resultado melhor do que o esperado tanto reduzindo o consumo de areia EBT como também melhorando a Logística de Abastecimento da Planta.

Palavras-chave: Siderurgia, Fornos Elétricos a Arco, Gestão da Qualidade.

ABSTRACT

The objective of this work was to reduce the consumption of refractory sand used to fill the leakage channel of an EBT (Eccentric Bottom Tap-hole) in one Electric Arc Furnace. In order to structure the activities developed in the project was used the methodology of Quality Management called MASP (Methodology of Analysis and Problem Solving) which is a specific PDCA for improving the results of companies seeking continuous improvement in their processes agile and efficient. In order to support the analysis and decision making, other tools of the Quality Management were used as Diagram of Ishikawa, 5W2H and Brainstorming as well as Maintenance Management. At the end of the work, a better than expected result was achieved both by reducing EBT sand consumption and also by improving Plant Supply Logistics.

Keywords: *Electric Arc Furnace, Quality Management, Siderurgy.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolução da produção de aço nos últimos 3 anos 27
Figura 2. Utilização da Capacidade nas Usinas Siderúrgicas 27
Figura 3 Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção 30
Figura 4. Fornos Utilizados para Obtenção de Ferro 32
Figura 5. Fluxo de Produção de Aço. 33
Figura 6. Esquematização do Alto Forno 35
Figura 7. Participação das Usinas Integradas x Usinas Semi-Integradas 37
Figura 8. Torre giratória do Lingotamento Contínuo 38
Figura 9. Esquematização do Lingotamento Contínuo 39
Figura 10. Custos de Produção do Aço de 2005 a 2010 40
Figura 11. Forno Elétrico a Arco e principais componentes 41
Figura 12. Vazamento de Forno com Bica Convencional. 44
Figura 13. Vazamento em Bica e Vazamento em EBT 45
Figura 14. Vazamento do Forno com Bica EBT 46
Figura 15. Esquematização do Canal EBT 47
Figura 16. O Ciclo PDCA 49
Figura 17. Ilustração do Gráfico de Pareto 51
Figura 18. Diagrama de Árvore 52
Figura 19. Estruturação do MASP 53
Figura 20. Consumo de Areia EBT no FEA da Siderúrgica Objeto entre os anos de 2015 e 2016 57
Figura 21. Custo de Areia EBT no FEA da Siderúrgica Objeto entre os anos de 2015 e 2016 57
Figura 22. Silos de Abastecimento do Canal EBT 59
Figura 23. Diagrama de Ishikawa 60
Figura 24. Ilustração de acúmulo de Material na base do Silo 62
Figura 25. Canal EBT montado no Experimento. 63
Figura 26. Exemplo de Bags 64
Figura 27. Croqui apresentado para o Silo Maior 66
Figura 28. Check List da Máquina de projeção 67
Figura 29. Redução do Silo menor 68
Figura 30. Consumo de Areia EBT 2016 a 2017 69
Figura 31. Consumo Específico de Areia EBT 2016 a 2017 70

Figura 32. Custo Específico de Areia EBT 2016 a 2017.....70
Figura 33. Índice de abertura livre do Canal EBT.....71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Plano de Ação MASP 65

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

IAB – INSTITUTO AÇO BRASIL

CIA – COMPANHIA

CSN – COMPANIA SIDERÚRGICA NACIONAL

FEA – FORNO ELÉTRICO A ARCO

EBT - EXCENTRIC BOTTON TAP-HOLE (VAZAMENTO COM BICA EXCÊNTRICA)

CGEE - CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS

MASP – METODOLOGIA DE ANÁLISE E SOLUÇÕES DE PROBLEMAS

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 26

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 26
1.2 JUSTIFICATIVA 28
1.3 ESCOPO DO TRABALHO 29
1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS 29
1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA 30
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO 30

2. O SETOR SIDERÚRGICO E SUAS OPERAÇÕES 32

2.1 BREVE HISTÓRICO DA SIDERURGIA 32
2.2 O PROCESSO DE PRODUÇÃO DO AÇO 33
2.2.1 REDUÇÃO: 34
2.2.2 ACIARIA 35
2.2.3 USINAS INTEGRADAS X SEMI INTEGRADAS 36
2.2.4 LINGOTAMENTO 37
2.2.5 LAMINAÇÃO 39
2.2.6 PRODUTOS 40
2.2.7 CUSTOS DE PRODUÇÃO DE AÇO 40
2.3 FORNOS ELÉTRICOS A ARCO: 41
2.3.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO NO FEA 42
2.3.2 VAZAMENTO NO FEA 43
2.3.3 FORNOS ELÉTRICOS COM VAZAMENTO POR BICA CONVENCIONAL: 44
2.3.4 FORNOS ELÉTRICOS A ARCO COM VAZAMENTO A EBT: 44
2.4 O CANAL EBT: 46
2.5 A AREIA EBT: 47
2.5.1 TIPOS DE AREIA EMPREGADOS NO PROCESSO: 48

3. FERRAMENTAS UTILIZADAS NA GESTÃO DA QUALIDADE E SEUS CONCEITOS 49

3.1 O PDCA: 49
3.2 BRAINSTORMING 50
3.3 ESTRATIFICAÇÃO 51
3.4 GRÁFICO DE PARETO 51
3.5 DIAGRAMA DE ÁRVORE 51
3.6 5W2H 52

4. MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS – MASP 53

4.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA: 53
4.2 OBSERVAÇÃO 54
4.3 ANÁLISE 54
4.4 PLANO DE AÇÃO: 54
4.5 AÇÃO: 54
4.6 VERIFICAÇÃO 55
4.7 PADRONIZAÇÃO 55
4.8 CONCLUSÃO DO MASP 55

5. MATERIAIS E MÉTODOS 56

5.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA NA SIDERÚRGICA OBJETO 56
5.2 OBSERVAÇÃO NA SIDERÚRGICA OBJETO: 58
5.3 ANÁLISE NA SIDERÚRGICA OBJETO 59
5.4 PLANO DE AÇÃO NA SIDERÚRGICA OBJETO 64
5.5 AÇÃO NA SIDERÚRGICA OBJETO: 66
5.6 VERIFICAÇÃO NA SIDERÚRGICA OBJETO 69
5.7 PADRONIZAÇÃO NA SIDERÚRGICA OBJETO 71
5.8 CONCLUSÃO DO MASP NA SIDERÚRGICA OBJETO 71

6. CONCLUSÕES 72

7. REFERÊNCIAS 73

ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE 75

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo fará uma introdução dos principais objetivos do trabalho, bem como das justificativas e motivações que levam a busca pela redução do consumo de um insumo utilizado no processo de produção do aço em uma siderúrgica de médio porte, fazendo uma breve estruturação de como será realizado este trabalho de conclusão de curso em Engenharia de Produção.

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Siderurgia é definida como a área da metalurgia que cuida da produção e tratamento de aços, o qual está presente no cotidiano das pessoas como um dos principais materiais que auxilia o homem desde a antiguidade (INSTITUTO AÇO BRASIL, IAB, 2016).

Já o Aço é uma liga metálica, constituída basicamente por Ferro e Carbono, em que o teor de carbono varia entre 0,008 a 2,000 % de carbono, podendo ter em sua composição outros elementos como Cromo, Nióbio, Manganês, Vanádio, dependendo da aplicação.

Segundo o Instituto Aço Brasil (IAB, 2016) ele está presente na sociedade há mais de 4500 anos, onde era encontrado in natura vindo de meteoritos que caem na terra. Por volta de 1500 a.C., passou a ser usado com mais frequência quando descobriu-se que as pedras de minério de ferro, ao serem colocadas próximas as fogueiras transformavam-se no metal que na época era considerado nobre e valioso.

Tendo como principais consumidores os setores de Construção Civil, Automotivo, Bens de Capital, Máquinas e Equipamentos e Utilidades Domésticas e comerciais, um dos indicadores mais utilizados para a avaliação do grau de industrialização de um país é seu consumo de aço per capita. A China lidera o Ranking como maior produtora de aço, seguida por Japão, Índia e EUA. O Brasil ocupa atualmente a 8ª colocação. A produção de Aço bruto no mundo segundo o IAB é apresentada na Figura 1.

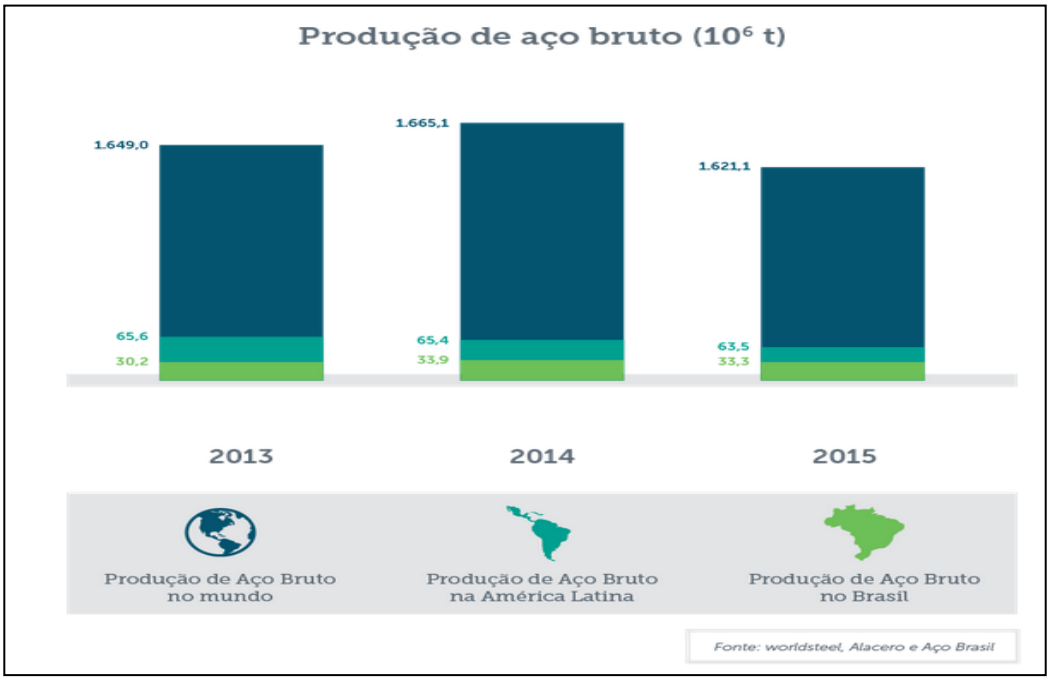


Figura 1. Evolução da produção de aço nos últimos 3 anos

Fonte: Instituto Aço Brasil, 2016.

Pela Figura 1 verifica-se que nos últimos 3 anos a produção de aço bruto no mundo girou em torno de 1,6 bilhões de toneladas. Porém a utilização da capacidade produtiva tem caído significativamente. A Figura 2 apresenta a utilização da Capacidade na produção, ou seja, ela mostra como as usinas Siderúrgicas produziram no decorrer dos últimos 15 anos:

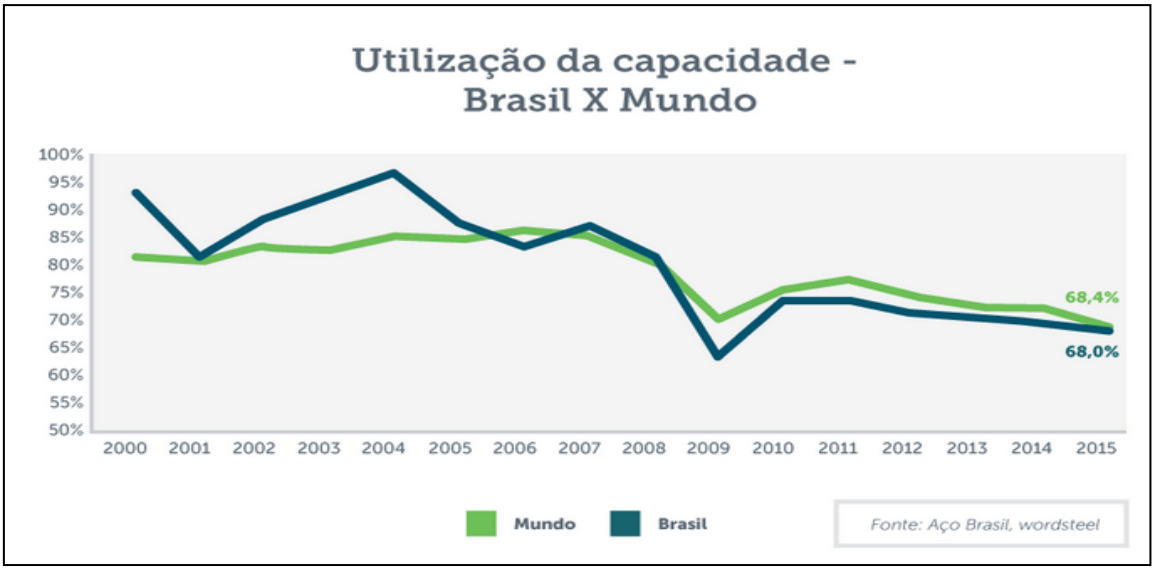


Figura 2. Utilização da Capacidade nas Usinas Siderúrgicas

Fonte Instituto Aço Brasil, 2016.

Analisando a Figura 2 é possível verificar uma queda na utilização das usinas. Uma das possíveis explicações para essa redução de utilização foram investimentos realizados em diversos países para aumento da capacidade o qual foi possível, graças à investimentos para melhorias na produtividade, em contrapartida a esta expansão de capacidade das usinas com a crise em 2015, houve uma queda na consumo de aço o que fez com que a utilização da capacidade sofresse um declínio comparada a primeira década dos anos 2000.

Para fazer face a essa oferta maior que a demanda, faz-se necessário ganhar produtividade e reduzir custo e apesar ser o oitavo pais em produção de aço, os níveis de produtividade atingidos pela indústria siderúrgica brasileira têm sido considerados como de classe mundial. Isso sugere que ao longo dos últimos anos esse setor trabalhou fortemente em ganho de produtividade e essa continua sendo uma premissa para que as empresas brasileiras continuem competindo no mercado mundial.

Aproveitando oportunidades nesse cenário, este trabalho irá focar a aplicação de ferramentas da qualidade e redução de custos para melhoria de desempenho na operação de vazamento de aço em uma siderúrgica classe mundial brasileira.

Um dos insumos envolvidos nessa operação é uma mistura de areias refratárias colocadas no canal de vazamento que a cada corrida de aço essa mistura é escorificada e se perde. Reduzir essa perda pode representar um considerável ganho em custo.

1.2 JUSTIFICATIVA

O trabalho se justifica uma vez que ele busca aplicar ferramentas da qualidade e de redução de custo, muito presentes na vida de um engenheiro de produção para redução de custos e consumo de matérias, melhorando assim a competitividade da empresa objeto do estudo no cenário econômico atual. Além disso, é uma, sendo as siderúrgicas os grandes carros chefes da economia além de oferecer muitas oportunidades de emprego para quem busca uma vaga no Mercado de trabalho.

.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O trabalho será desenvolvido em uma siderúrgica produtora de aços longos, de destaque na siderurgia nacional que aqui a chamaremos de Siderúrgica “X”. O trabalho irá focar a área de vazamento do forno elétrico do tipo EBT (*ExcentricBottonTap-Hole*-Vazamento com bica excêntrica)..

Os processos atualmente empregados utilizam uma mistura de areias refratárias para vedação do canal EBT durante o processamento da corrida de aço. A cada vazamento essa mistura de areia é levada junto com o aço para o interior da panela e se escorifica. Essa mistura de areia refratária atualmente é estocada na área em bags de 1,5t, sendo que cada corrida utiliza 250kg. Esses bags são abastecidos a cada 3 dias, gerando um grande volume de bags na área. Isso acarreta perdas, uma vez que esses bags ficam expostos a respingo de aço, batida de equipamentos e por serem materiais higroscópicos, ou seja, absorvem agua, podem gerar problemas de qualidade no produto.

Melhorar toda essa logística de abastecimento e buscar reduzir o uso desse material torna-se um desafio e uma oportunidade de reduzir custo e organizar melhor a área de trabalho além de propiciar uma melhoria na qualidade dos processos da Siderúrgica “X”

1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é elaborar um plano e aplicar esse plano de trabalho na área da aciaria com vista a reduzir o consumo de areias refratárias usadas no EBT e melhorar a logística de abastecimento, reduzindo perdas de material.

Para que esse objetivo seja alcançado, faz-se necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- Identificar quais os materiais são empregados no mundo para fechamento de canal;
- Aplicar ferramentas da qualidade como MASP (Método de Análise de Solução de Problemas) e Ciclo PDCA (Planejar, Executar, Verificar e Agir) para orientar os experimentos de modo a melhorar a logística e reduzir o consumo de areias.

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

A Figura 3 adaptada de Miguel (2010) apresenta as diversas metodologias de pesquisa aplicadas em engenharia de produção.

Baseando-se na proposta de Miguel (2010) pode-se dizer que essa pesquisa será de natureza aplicada, visto que seus resultados, se positivos, serão aplicados na indústria em epígrafe.

Quanto aos objetivos, serão exploratórios e normativos, uma vez que a proposta da pesquisa ira explorar e após consolidada poderá ser procedimentada.

Quanto a abordagem, será combina uma vez que abordará questões qualitativas e quantitativas.

Quanto ao método, será experimento.

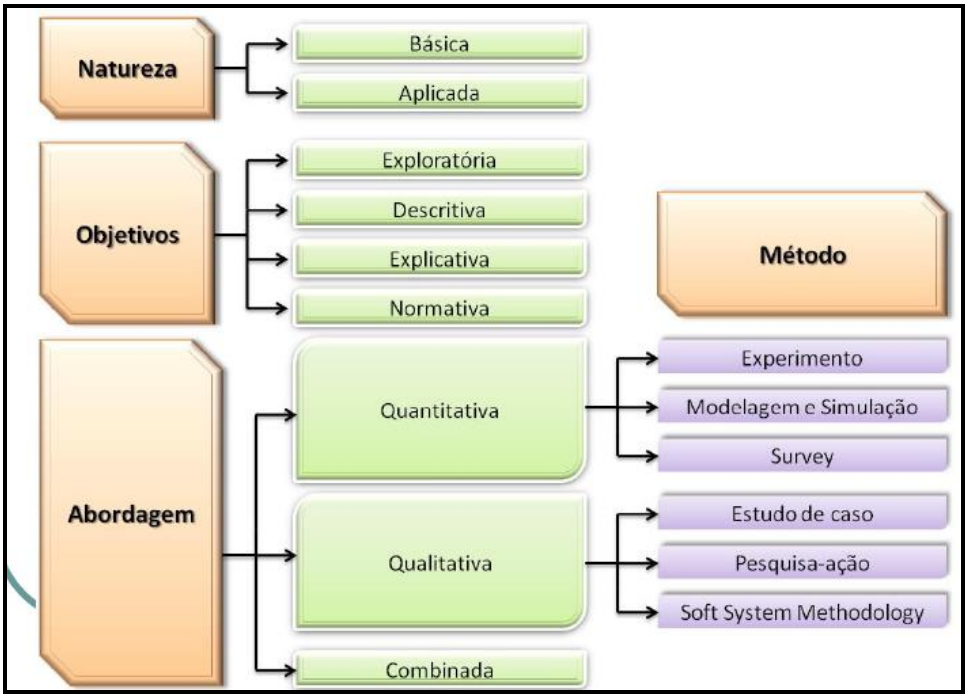


Figura 3 Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção
Fonte: Miguel, 2010 (Adaptado)

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O capitulo 1 apresenta as considerações iniciais, os objetivos, a justificativa, o escopo e a metodologia.

O capitulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre o tema: O Setor Siderúrgico e suas operações onde é abordado a Produção de aço e seus respectivos custos, insumos e equipamentos.

O Capítulo 3 apresenta algumas ferramentas utilizadas na Gestão da Qualidade que poderão ser utilizadas na parte de Materiais e Métodos.

O Capítulo 4 faz uma abordagem teórica de como funciona o Método de Análise e Solução de Problemas.

O Capitulo 5 aborda a parte de materiais e métodos resultados e Discursões e o capítulo 6 apresenta as conclusões.

2. O SETOR SIDERÚRGICO E SUAS OPERAÇÕES

2.1 BREVE HISTÓRICO DA SIDERURGIA

Conforme visto na secção 1.1, o homem descobriu que o Minério de Ferro em contato com o calor gerava o ferro metálico. Foi a partir daí que o processo Siderúrgico se desenvolveu. Souza (2009) diz que inicialmente o Ferro era produzido em fornos de pedra, onde eram adicionados Minério e Carvão, e soprava-se ar a fim de se obter o ferro metálico, entretanto este ferro metálico continha um alto grau de impurezas, devido ao fato de não se conseguir temperaturas que atingisse o ponto de fusão das impurezas (escória). Com o passar dos anos desenvolveu-se foles movidos a moinhos d'agua capazes de injetar ar mais intensamente, alcançando temperaturas superiores ao ponto de fusão da escória e consequentemente conseguia-se um ferro mais limpo. A figura 4 mostra os primeiros fornos para obtenção de ferro metálico onde ar era soprado pela parte inferior de forma arcaica.

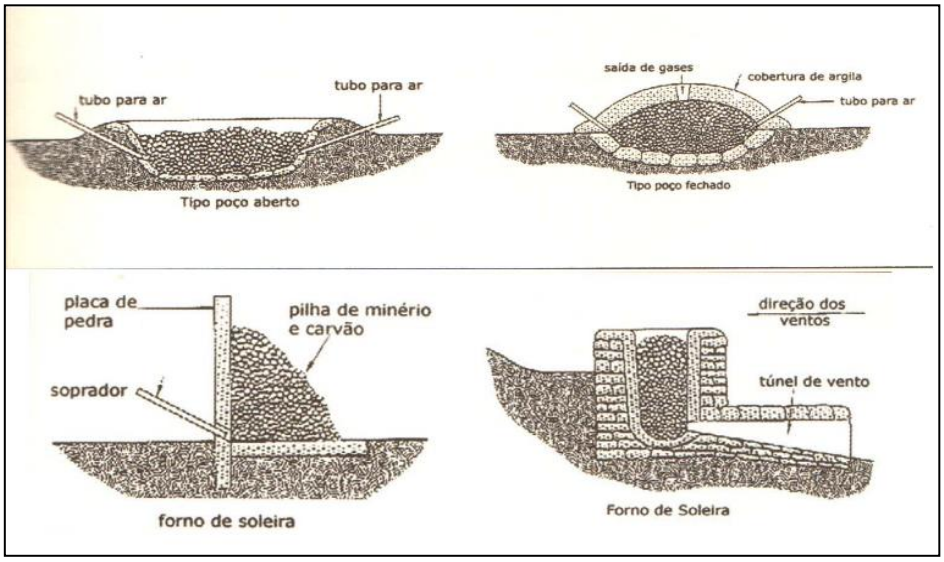


Figura 4. Fornos Utilizados para Obtenção de Ferro

Fonte: SOUZA (2009) apud MOURÃOet al (2007) - (Adaptado)

Na idade média, com a necessidade de metais devido às guerras que o ferro começou a ser produzido em escala, assim foram desenvolvidos vários modelos de fornos, passando pela invenção do Alto Forno até chegarmos à tecnologia que se tem hoje.

Segundo Araújo (1997) no Brasil a metalurgia teve início logo após o descobrimento com Padre Anchieta que deu início a produção de ferro e prata para confecção de pequenos utensílios, sendo que o primeiro forno de produção foi construído em 1813 no Morro do Pilar

na primeira fábrica de ferro do Brasil. A partir daí foram construídos diversos fornos em diversas empresas espalhadas pelo país para produção de ferro e outros metais, porém em pequena escala, sendo que o surto industrial siderúrgico ocorreu somente entre 1917 e 1930 quando foi criada em Sabará a Cia. Siderúrgica Brasileira, que mais tarde virou a Cia. Siderúrgica Belgo-Mineira, seguida pela Usina de João Molevade, CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) fundada em 1942 a qual foi a primeira Siderúrgica a coque, Mannersmann, Cosipa, Usiminas, Tubarão, Açominas e diversas outras que existem no Brasil atualmente.

2.2 O PROCESSO DE PRODUÇÃO DO AÇO

De acordo com Mourão et al (2007) todo processo de produção está dividido em etapas 5 grandes Etapas: Redução, Aciaria, Lingotamento, Laminação e Produtos, conforme mostra o fluxo apresentado na figura 5 cujo Fluxo se dá da esquerda para direita iniciando o a Produção na etapa de Redução até que se obtenha os produtos finais.

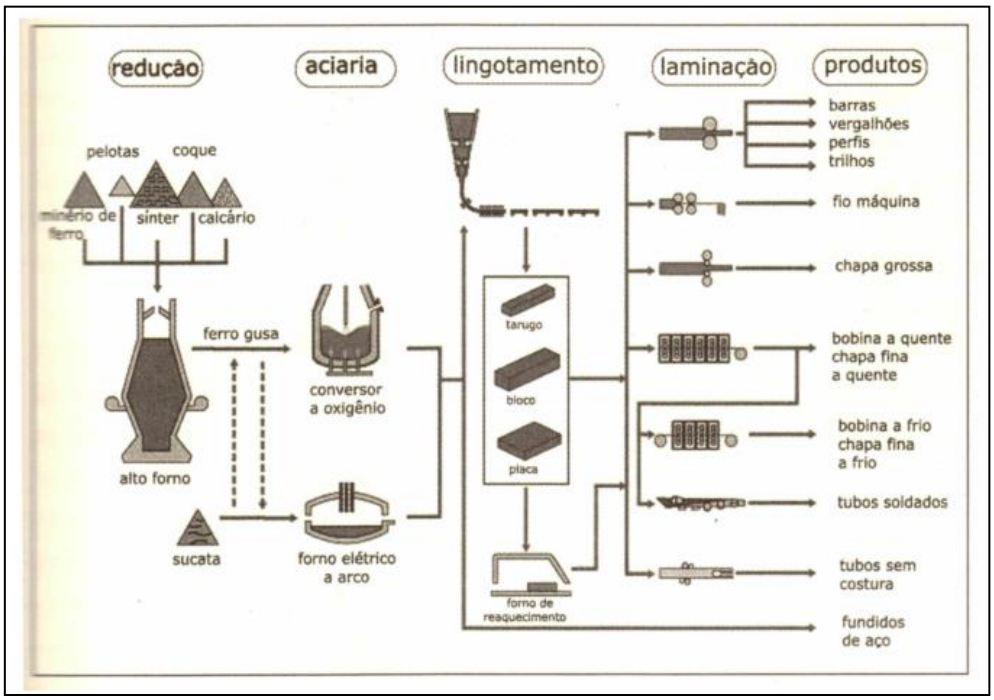


Figura 5. Fluxo de Produção de Aço.

Fonte: MOURÃO et al., (2007)

A partir da seção 2.2.1 que virá a seguir será feito um detalhamento de cada etapa do processo, bem como de cada uma de suas peculiaridades.

2.2.1 Redução:

O processo de Redução é o responsável pela produção do ferro gusa no equipamento denominado Alto Forno, sendo que o Ferro Gusa é uma liga de constituída basicamente por ferro e carbono com teor de carbono acima de 2%, que por conter um alto teor de impurezas não possui características mecânicas que satisfaçam as aplicabilidades na indústria. (CALDAS, 2011).

O processo de Redução se inicia na preparação da Carga onde o minério de ferro, carvão e fundentes que são as matérias primas do Ferro Gusa são beneficiados a fim de se adequarem as necessidades do Alto Forno. Segundo Araújo (1997), os três processos mais utilizados na preparação de matérias primas são: Sinterização, Pelotização e Coqueificação.

A Sinterização é um processo que aproveita os finos de minério, coque, fundentes e os eleva à temperatura de aproximadamente 1200°C a fim de criar um aglomerado poroso com granulometria adequada que atenda as necessidades do Alfo Forno. A Pelotização é um processo que aproveita apenas finos de minério em que este é adicionado com um aglomerante em uma espécie de roda que gira formando pequenas bolas de minério denominadas pelotas as quais favorecem a passagem de gases no alto Forno. Já a Coqueificação é um processo de beneficiamento do carvão mineral que tem a função de separar substancias voláteis do resíduo sólido rico em Carbono que é denominado coque.

Tendo o Calcário, Carvão e o Minério de ferro selecionados e com composição e granulometrias adequadas, eles são encaminhados ao Alto Forno, que de acordo com Souza (2009) é um equipamento desenvolvido para a produção do Ferro gusa a partir da redução do minério de ferro (Fe_2O_3) que ao entrar em contato com Oxigênio mais Carbono libera o Ferro Metálico + Gás CO_2. No topo do Alto Forno são adicionadas as matérias primas e embaixo é soprado Ar quente criando um fluxo de contra corrente onde o Ar sobe e a carga desce favorecendo assim as centenas de reações químicas que ocorrem em seu interior, até que ao final na parte do cadinho tem-se escória e o Gusa Líquido a uma temperatura de aproximadamente 1650°C. A figura 6 exemplifica o funcionamento do Alto Forno.

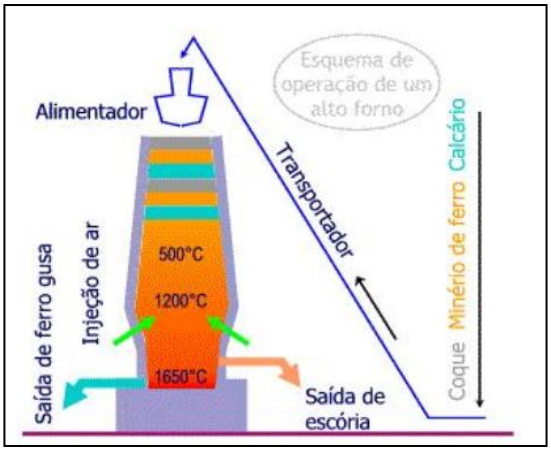


Figura 6. Esquematização do Alto Forno
Fonte: www.ebah.com.br (acesso em 05.11.2016)

2.2.2 Aciaria

Esta parte do processo, também denominada de Refino do Aço tem a função da produção do aço propriamente dito. Ela está dividida em três formas de Produção: Usinas Integradas e Usinas Semi-Integradas e Não Integradas em que ambas tem o objetivo de produzir o mesmo produto, esta distinção depende da usina e geralmente do tipo de aço que empresa produz. Nas próximas seções esta distinção será tratada mais especificamente.

Segundo Caldas (2011) no *Processo Integrado*, o aço é produzido a partir do Ferro Gusa líquido vindo dos Altos Fornos, é encaminhado ao Conversor LD que tem a função de reduzir os níveis de Carbono do ferro gusa através da Injeção de Oxigênio a alta pressão a fim de obter as especificações necessárias para a aplicabilidade do aço. Nesta etapa também busca-se reduzir os níveis de fósforo, enxofre e outros elementos que podem ser prejudiciais ao processo e ao produto. A seguir o aço é encaminhado ao Forno Panela, também chamado de metalurgia secundária, onde são adicionados os elementos de liga como Vanádio, Manganês, Nióbio, Cromo e outros necessários para cada aplicação do Aço. Esta é uma etapa muito importante no processo, pois ela definirá a qualidade do aço, sendo que caso o aço não esteja nas especificações desejadas, pode haver a perdas nas características físicas e mecânicas do material.

No *Processo Semi Integrado* o aço é produzido a partir da sucata, podendo ter gusa líquido ou ferro esponja provido de um forno de redução direta. Estes são encaminhados a um outro equipamento denominado Forno Elétrico a Arco (FEA), onde a maior parte de carga é composta por sucata (entre 60 a 80%). Neste caso o Ferro gusa entra com o objetivo de se aumentar a produtividade e reduzir o consumo de energia elétrica. Como o Forno Elétrico a

Arco é o foco deste trabalho nas próximas seções será feita uma análise mais detalhada deste processo.

Tendo o aço pronto no forno elétrico o mesmo também é enviado ao Forno Panela que como dito no início desta seção 2.2.2 tem a função de ajustar a composição química do aço.

Já as usinas não integradas não utilizam o Gusa como matéria prima sendo a sucata a principal matéria prima do aço que é encaminhada ao Forno Elétrico a Arco e depois ao Forno Panela como as demais.

2.2.3 Usinas integradas x semi integradas

De acordo com o relatório do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos-CGEE supervisionado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (2010), 2/3 de toda produção de aço bruto no mundo é feita em Aciarias com Conversores LD, ou seja Usinas Integradas, sendo que no Brasil cerca de 75% a 80% da produção de Aço Bruto provém deste processo. Isso devido ao fato da alta qualidade do minério brasileiro que possui baixos teores de fósforo.

A produção de aço em Convertedores LD possui um alto impacto ambiental devido à alta taxa de emissão de gases do efeito estufa como, por exemplo, o CO_2 que para cada tonelada de aço produzida, é gerado entre 1,5 e 2 toneladas deste gás. Diante disso, as empresas fazem um reaproveitamento deste gás no próprio processo usando-o como combustível em fornos. Outra questão ambiental que é um desafio para as companhias é o fato de este processo gerar também uma alta quantidade de resíduos sólidos, como escória e lama de aciaria que infelizmente não possui aplicações na indústria. Isso vem fazendo com que a cada ano a participação das usinas integradas se diminua frente as usinas semi-integradas não sendo ultrapassada por estas.

Quanto às usinas semi-integradas, a produção de Aço em Fornos Elétricos a Arco (FEA) no Brasil é entre 20 a 25%, enquanto no mundo esse numero já é entre 30 a 35% e vem crescendo a cada ano devido ao fato destes apresentarem menor intensidade de investimento, além disso o FEA possui alta versatilidade quanto a carga, permitindo mudanças rápidas na produção. Outro fato muito importante é quanto às questões ambientais que apresenta uma taxa de emissão de Gases do efeito estufa sendo entre 0,45 e 0,6 toneladas de CO_2 por Tonelada de aço produzida.

Para produção de aço neste equipamento, é necessário um consumo em média de 400 kWh / tonelada de Aço, com possibilidade de redução para 360 kWh. Isto porque a cada dia vem se desenvolvendo a utilização de energia química juntamente com a Elétrica neste processo através da Injeção de Oxigênio e Carbono no banho. Outra alternativa que está sendo usada para redução do consumo de energia é a utilização de Gusa líquido no FEA que ainda segundo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, supervisionado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (2010), cada 1 ponto percentual de Gusa Liquido no processo se reduz 2,2 kWh de energia elétrica.

Apesar de todos os benefícios das usinas semi-integradas, há algumas desvantagens que impossibilitam que estas cresçam mais. O alto consumo de Energia faz com que elas não possam ser instaladas nos grandes centros urbanos. Outra questão é a escassez de sucata metálica que se torna um grande limitante. Tanto que a participação das Semi-integradas não é maior devido ao avanço da siderurgia chinesa que possui maior produção em Convertedores devido a escassez de sucata. O gráfico presente na figura 7 mostra a participação das usina Integradas frente as usina semi-integradas.

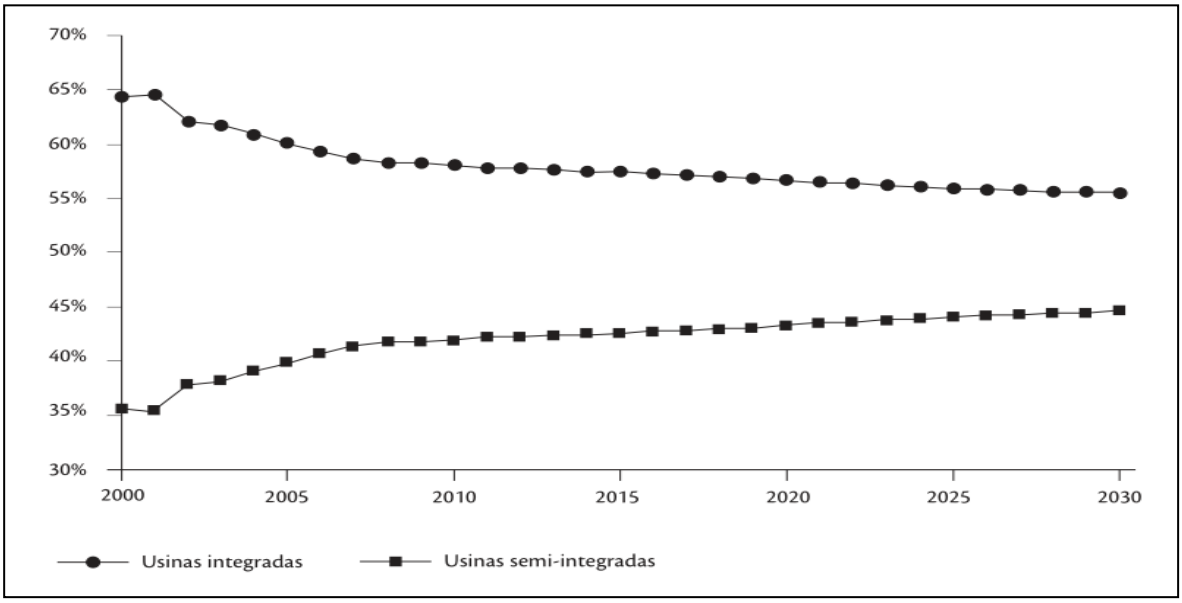


Figura 7. Participação das Usinas Integradas x Usinas Semi-Integradas
Fonte: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, supervisionado pelo Ministério da Ciencia e Tecnologia (2010),

2.2.4 Lingotamento

O processo de Lingotamento é uma etapa muito importante, pois é onde o aço é solidificado. Uma má solidificação pode ocorrer defeitos no material e consequentemente na

perda produto. Existem dois tipos de lingotamento, o Convencional e o Contínuo. De acordo com Souza (2009), no Lingotamento Convencional o aço líquido é vazado moldes denominados lingoteiras que são individuais formando os denominados lingotes que podem ter o tamanho e forma dependendo da aplicação final do material.

O processo de Lingotamento Convencional vem cada dia mais sendo substituído pelo Lingotamento contínuo que é um equipamento que como o próprio nome diz, lingota continuamente o aço. Ele inicia-se com aço líquido vindo do forno panela em reservatórios revestidos de material refratário denominados Panelas, com o aço com composição química e temperatura ajustadas. Esta panela é posicionada na torre Giratória de lingotamento que possui dois suportes, um para a panela que está lingotando e outra para uma panela reserva. Esses dois suportes formam um ângulo de 180° entre si, como mostrado na figura 8.

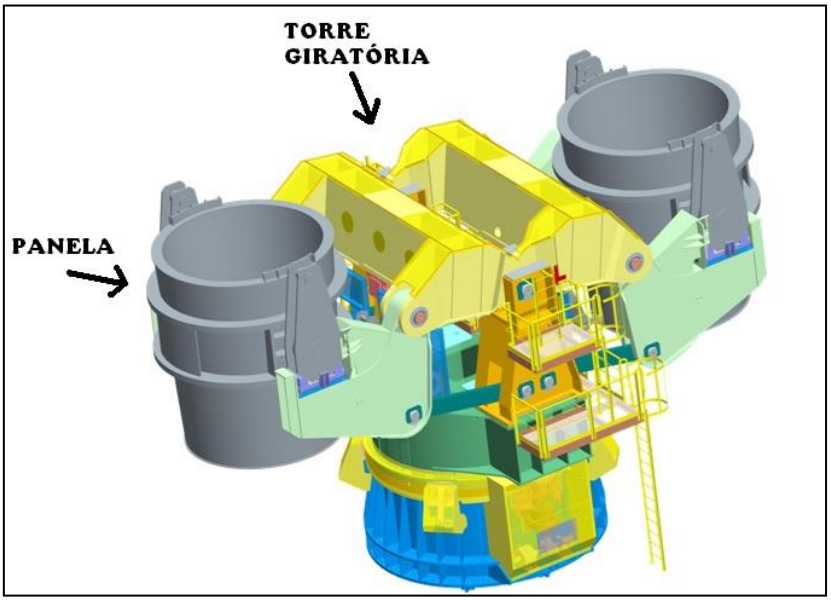


Figura 8. Torre giratória do Lingotamento Contínuo

Fonte – www.plmbrasil.com.br – Acesso em 10.11.2016

Após isso, o aço cai no distribuidor, que é um reservatório revestido por material refratário que tem a função distribuir o aço em veios. Logo depois, o aço é encaminhado para as lingoteiras, que tem a função de dar início à solidificação do aço e definir se o produto será tarugo (seção quadrada), tubo (seção circular) ou Placas (seção retangular). Então o aço passa por diferentes seguimentos da máquina, composto por sprays e rolos. Ao sair da região de sprays, o tarugo deve estar praticamente solidificado. Neste momento o resfriamento é relativamente lento. Ao finalizar a solidificação o aço é cortado por maçaricos automatizados

chamados oxicortes que cortam o produto de acordo com o tamanho desejado. A figura 9 exemplifica este processo:

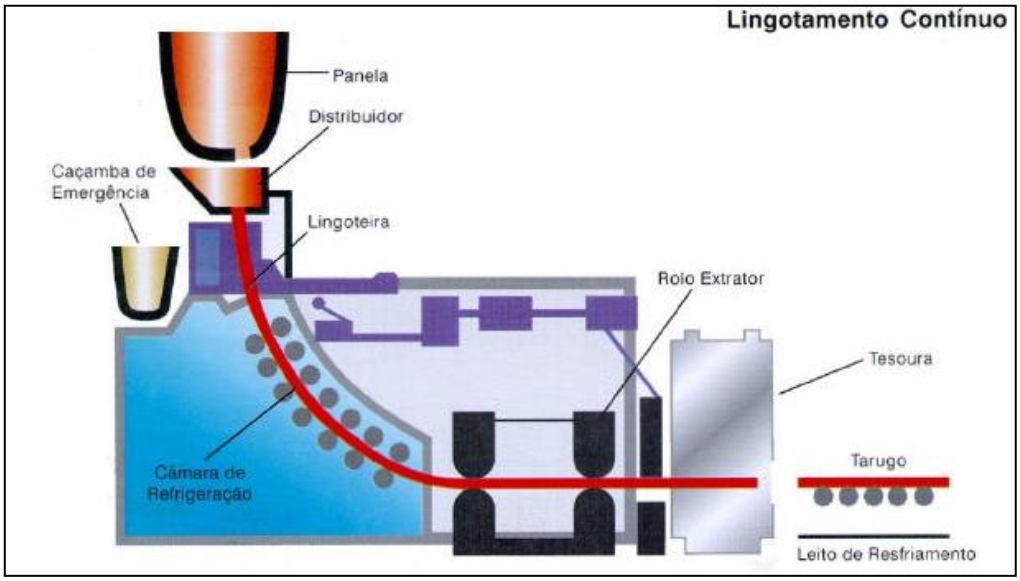


Figura 9. Esquematização do Lingotamento Contínuo

Fonte – www.ebah.com.br – Acesso em 10.11.2016

2.2.5 Laminação

Segundo Rizzo (2008), laminação é ultima etapa do processo em que o material passa por uma conformação mecânica passando entre dois cilindros, girando em sentido opostos com a mesma velocidade com espaçamento entre si menor do que a espessura do material a ser laminado, onde ao passar por esses rolos a espessura é reduzida e o comprimento do material é aumentado através de uma deformação plástica, a fim de serem produzidas barras, chapas, vergalhões, fios e outros que servirão para os produtos acabados.

O processo de Laminação poder ser a quente ou a frio, sendo que caso for a quente, o material pode vir direto do lingotamento contínuo, sendo que as empresas que adotam esta prática apresentam ganhos enormes como a economia de energia, redução de estoques, e maior produtividade. Em alguns casos pode haver um forno de reaquecimento que eleva a temperatura do tarugo ou da placa para que se possa laminar a quente.

Para se obter o produto acabado, as principais etapas na laminação são: Preparação inicial do material, Aquecimento Inicial, Laminação a quente, acabamento e/ou tratamento térmico (se for o produto final), decapagem, laminação a frio (caso necessário).

2.2.6 Produtos

Esta etapa os produtos laminados podem ser enviados a indústrias de Trefilação que produzem longos como arames, pregos, treliças, perfis e outros ou a industrias mecânicas, caso seja placas, podem ser enviados a industrias Automobilísticas, Linha Branca e demais industrias do setor metalúrgico.

2.2.7 Custos de Produção de Aço

Quanto aos Custos de Produção do aço, segundo osrelatório anuais de gestão da ArcelorMittal Longos de 2006, 2008 e 2010, uma das empresas player no mercado, a maior parte dos custos são relacionados a matéria prima conforme mostra na Figura 10 referentes a composição de custos de 2005 a 2010. Dado que a areia de EBT é considerada como uma das materiais Primas, tem-se a importância de se reduzir tal consumo, justificando ainda mais este trabalho de conclusão de curso em Engenharia.

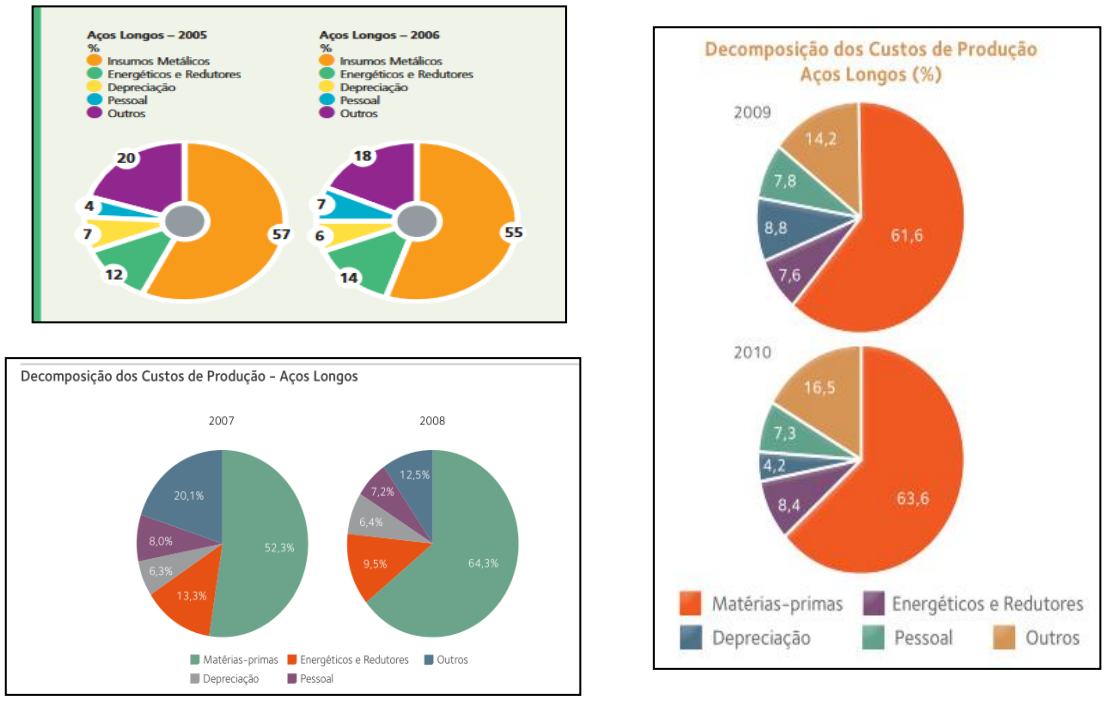


Figura 10. Custos de Produção do Aço de 2005 a 2010
Fonte: Relatórios de Gestão Arcelor Mittal 2006, 2008 e 2010 – Disponíveis em http://www.arcelormittal.com.br/galeria-midia/relatorios - Acesso em 12.12.2016.

2.3 FORNOS ELÉTRICOS A ARCO:

Forno Elétrico a Arco (FEA) é um equipamento que foi patenteado por Paul Louis ToussaintHérout em 1888 onde, para a fusão da carga metálica utiliza-se energia elétrica que é transformada em energia térmica através de uma corrente alternada que passa por transformadores baixando a voltagem entre 80 e 250V. Para o transporte de energia são usados eletrodos de grafita ou carvão amorfo que foram um arco elétrico com a carga metálica elevando a temperatura do material e consequentemente fundido a carga, (ARAÚJO,1997). A figura 11 mostra as principais parte do FEA como Eletrodos, Aço Líquido e o Canal de Vazamento e além de uma imagem da perspectiva do mesmo:

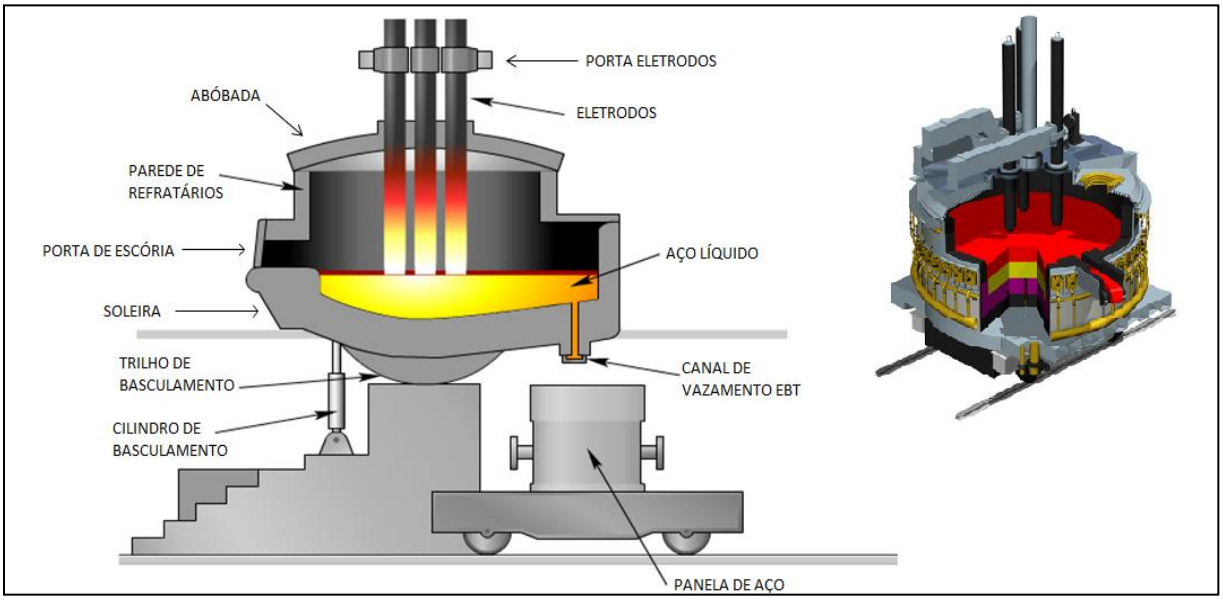


Figura 11. Forno Elétrico a Arco e principais componentes

Fonte: (CHEVRANT, 2013) -(Adaptado)

A carcaça do FEA é feita em chapas de aço de no mínimo 20 mm, formando um recipiente cilíndrico de fundo geralmente abaulado com diâmetro variando de 400 mm até 1000 mm dependendo da capacidade de produção. Já seu interior é todo revestido painéis refrigerados na parte superior e de materiais refratários na parte inferior cuja função é suportar as altas temperaturas de fusão, garantindo assim estabilidade operacional além de manter a temperatura do banho.

2.3.1 Processo de produção no FEA

O processo se inicia com o carregamento das matérias primas e insumos, quando o FEA é aberto pela parte superior onde estão os eletrodos e a abóbada e então mesmo é abastecido com sucata que é devidamente separada e classificada de acordo com o tipo de aço objetivado e arranjado no cesto de sucata de tal forma que facilite o contato entre o eletrodo e a carga metálica e também não danifique o revestimento refratário do fundo do FEA. São carregados também ferros-ligas, gusa sólido, cal e/ou gusa líquido, dependendo da planta de produção e do tipo de aço. Segundo Araújo (1997), normalmente, tem-se um rendimento de 90%, ou seja, de todo carregamento de metálicos, 90% irá virar aço propriamente dito. Isso porque uma parte do ferro contido na sucata é levado na escória através de oxido de ferro ou gotículas de aço e também porque o ferro se volatiliza e é levado pelo sistema de despoeiramento.

Após essa etapa inicia-se a fusão da carga quando a parte superior do FEA é fechada e os eletrodos descem até a carga penetrando levemente abrindo o arco elétrico e gradualmente vai se formando uma poça de metal líquido através da transformação da energia elétrica e energia térmica até que toda a carga esteja fundida. Para se reduzir o tempo de forno ligado, e consequentemente reduzir a quantidade de energia elétrica, utiliza-se a injeção de oxigênio que em contato com o Carbono do aço libera energia térmica em uma reação exotérmica que de acordo com Araújo (1997), para cada 1 m^3O_2/t economiza-se de 2 a 3 kWh/t de energia elétrica. Outras formas de redução do consumo de energia e redução do *tap-to-tap* (tempo entre cada corrida) vem sendo cada vez mais utilizadas pelas plantas como o pré aquecimento da sucata, adição de gusa líquido como como parte da carga metálica e instalação de queimadores auxiliares que auxiliam na fusão do material.(CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, SUPERVISIONADO PELO MINISTÉRIO DA CIENCIA E TECNOLOGIA, 2010).

Uma vez que a carga está totalmente fundida, é feito então o refino cuja principal função é a descarbonetação do banho, ou seja, reduzir os níveis de carbono a valores aceitáveis a especificação do aço a ser produzido. Isso é feito através da injeção de níveis adequados de oxigênio em equipamentos como lanças de oxigênio instaladas na paredes do FEA, Tubuleiras e Queimadores OxyFuel. Logo após o refino, o forno é virado para trás para a retirada da escória pela porta de escória e retorna a sua posição inicial.

Apesar de todo o processo, a escória ainda contém FeO que reduz o rendimento metálico. Para se retirar o Ferro que ainda se tem na escória é feita a adição Carbono na

Escória, proporcionando a reação: C+FeO=Fe+CO na escória que libera o Ferro para o banho, formando assim a chamada escória espumante que além de aumentar o rendimento protege o arco elétrico e reduz o consumo de energia e o consumo de refratários (SILVA, 1998). Estando o aço com temperatura ajustada em torno de 1610°C com níveis de Carbono aceitáveis para a próxima etapa, é feito então a etapa de vazamento do aço líquido para um recipiente chamado Panela de aço que será explicado na seção 2.3.2. (JONES, BOWMAN & LEFRANK, 1998)

2.3.2 Vazamento no FEA

De acordo com JOHN (2009), o vazamento é a etapa que tem como objetivo a retirada do aço líquido de dentro do FEA, onde os maiores desafios nesta operação são:

- Não passar escória para a Panela de Aço, já que a escória está extremamente oxidada e pode atacar o revestimento refratário tanto do canal como das panelas de aço;
- O aço deve absorver a quantidade mínima possível de gases como O_2 e H_2 que são prejudiciais ao produto;
- Deve-se ter uma atenção quanto à perda de temperatura durante o vazamento, principalmente em plantas com jato aberto, já que a perda de temperatura pode aumentar o consumo de energia no Forno Panela;
- O ideal é manter uma quantidade mínima de aço dentro do FEA para a próxima corrida, chamado de “pé-líquido” de aproximadamente 10% da capacidade do FEA (ARAÚJO,1997), pois este protege a soleira do impacto da sucata além de antecipar reações de Oxidação do Carbono e desfosforação e proporcionar uma melhora na transferência de calor durante a fusão.

Nesta etapa através de uma calha lateral, são adicionadas em torno de 90% das ligas que darão as características necessárias para cada tipo de aço, tendo-se o devido cuidado para não gerar o acumulo de ligas no fundo da panela podendo gerar reações que podem provocar acidentes durante o processo, (CHEVRANT, 2013).

Existem duas configurações diferentes de FEA para o vazamento, os Fornos a Bica e os Fornos EBT (*Eccentric Bottom Tap-hole*) que interferem na passagem de escória e na manutenção do Pé-líquido que serão explicadas na seção 2.3.3.

2.3.3 Fornos Elétricos com vazamento por Bica convencional:

Esta é a configuração inicial dos Fornos Elétricos a arco sendo ela utilizada por quase 100% dos fornos até os anos 80 quando foi desenvolvido os sistemas de vazamento a EBT (CHEVRANT,1995). Neste modelo é necessária uma inclinação entre 35 e 45° fazendo com que seja retirado todo aço do seu interior. Este processo conta muito com a sabedoria do operador, pois para que não haja a passagem de escória para a panela, o mesmo deve ficar atento já que assim que acabe o aço ele deve imediatamente acionar a volta do FEA para a posição inicial para que não haja a passagem de escória, o que na maioria das vezes sempre há a passagem. Isso faz com que aumente o consumo de refratários além de se exigir um tempo com a reposição de materiais refratários na bica após o vazamento (ARAÚJO, 1997). O forno a bica está exemplificado na figura 12.

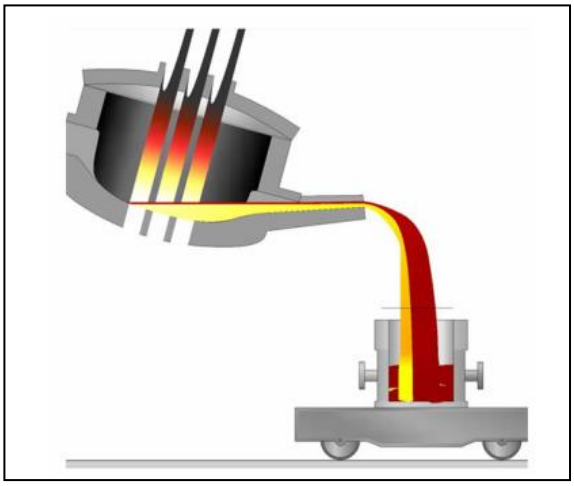


Figura 12. Vazamento de Forno com Bica Convencional.
Fonte: Operação de Forno Elétrico a Arco, Figueira (2007)

2.3.4 Fornos Elétricos a arco com vazamento a EBT:

Segundo Chevrant (2013), o canal EBT (*Eccentric Bottom Tap-hole*) foi desenvolvido em meados dos anos 80 e foi uma modificação do vazamento convencional a fim de reduzir a passagem de escória e manter o pé-liquido, sendo que nos dias atuais 70% dos fornos em funcionamento possuem esta configuração. Nestes fornos, de acordo com Araújo (1997), o fundo é alargado na região do furo de vazamento excêntrico e através dele o aço desce em um jato direto, diferentemente dos fornos a bica conforme mostra ilustração da figura 13 em uma vista superior dos dois tipos de fornos.

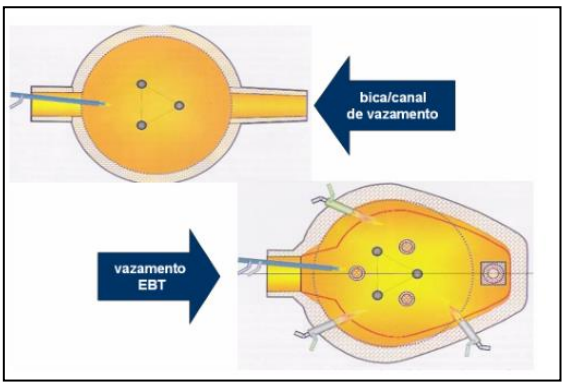


Figura 13. Vazamento em Bica e Vazamento em EBT

Fonte: Operação de Forno Elétrico a Arco, Figueira (2007)

Este tipo de vazamento possui diversas vantagens que segundo Chevrant (1995) e Araújo (1997) dentre elas estão

- Vazamento livre de escória, pois como durante o vazamento o FEA é inclinado entre 8 e 15°, é possível um retorno rápido a posição inicial permitindo a retenção de escória e aço líquido em seu interior. Atualmente há equipamentos que detectam a passagem de escória pelo canal e aciona automaticamente o retorno do FEA, aumentando a confiabilidade do processo uma vez que este deixa de contar com a sagacidade do operador.
- Possibilidade de aumento no uso de painéis refrigerados em até 90% nas partes superiores do FEA;
- Redução do consumo de refratários na Linha de Escória do FEA e das Panelas de Aço;
- Redução do Tempo de vazamento entre 3 e 4 minutos. Atualmente está sendo desenvolvido o canal cônico ao invés do cilíndrico que reduz em mais aproximadamente 1 minuto o tempo de vazamento uma vez que aumenta a excentricidade do canal;
- Como o jato cai verticalmente na panela é curto e compacto, melhora-se a homogeneização das ligas, reduz-se a absorção de Oxigênio, Hidrogênio e Nitrogênio, e também tem-se uma diminuição de até 25°C na perda de temperatura durante o vazamento.

De acordo com Araújo (1997), as principais desvantagens em se adotar esse sistema é:

- É necessário um tempo entre cada vazamento para manutenção e vedação do furo de corrida, uma vez que devido ao pequeno diâmetro para vazamento que varia de acordo

com a capacidade, tipo de aço e disponibilidade de troca, pode haver a obstrução do mesmo causado por alguma sucata não fundida sendo necessária a remoção através de varas de O_2 que fundem a sucata presa e que pode danificar o refratário do canal.

- Aumento do Custo com refratários já que o canal EBT é trocado a cada 150 corridas no FEA;
- Aumento no custo de Insumos devido a Areia de preenchimento do canal que é utilizada em todas as corridas do FEA a qual busca-se uma otimização pelo consumo relativamente alto nas usinas

A Figura 14 mostra como é o vazamento pelo canal EBT. Nela pode-se observar que o aço desce verticalmente e de forma uniforme através de um canal no fundo do Forno.

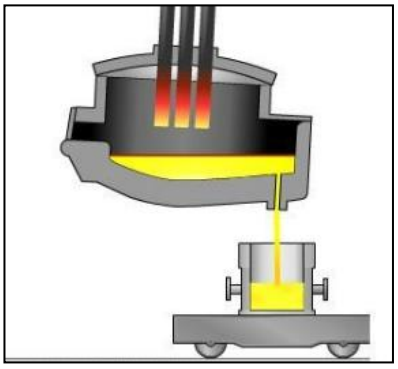


Figura 14. Vazamento do Forno com Bica EBT

Fonte: Operação de Forno Elétrico a Arco, Figueira (2007)

2.4 O CANAL EBT:

De acordo com Mattielo (2016), o canal EBT também chamado de furo de corrida é um importante componente no FEA, sendo este formado por um conjunto de peças refratárias segmentadas que tem o nome de Luvas as quais são montadas de forma a permitir o fluxo de aço durante o vazamento. Após o Vazamento o canal é limpo com O_2 e preenchido com o uma mistura contendo $MgO\text{-}SiO_2$, chamada de Areia EBT que veda o canal durante a operação do FEA a qual é a sua redução e otimização é o objetivo deste trabalho. Abaixo do Canal tem-se a válvula gaveta que segundo Chevrant (1995) é um cilindro que move a placa de fechamento do furo de corrida através de um poste pivotante. O canal EBT é detalhado no esquema da figura 15.

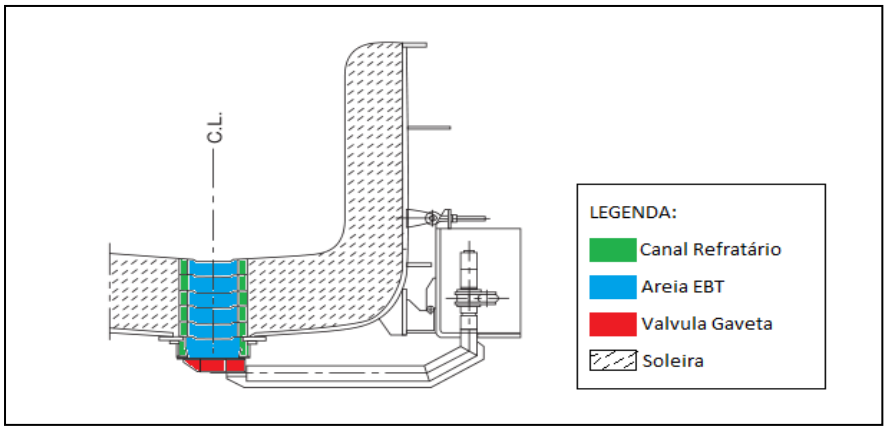


Figura 15. Esquematização do Canal EBT

Fonte: Electric Furnace Steelmaking, Jones et al (1998) – ADAPTAD

2.5 A AREIA EBT:

A areia empregada na vedação do Furo de corrida é uma mistura sólida de alta refratariedade composta basicamente de MgO, SiO_2, Al_2O_3 e Grafita. Ela tem a função de realizar o fechamento do canal enquanto o FEA esteja operando de forma a evitar infiltrações na Válvula Gaveta. Terminadas as operações de processamento da corrida, ao abrir a Válvula Gaveta, ela deve descer para a panela juntamente com o aço espontaneamente, ou seja, ela deverá se adequar ao processo de tal forma que ela não sinterize, pois caso isso ocorra, poderá haver paradas no processo aguardando a limpeza do canal.

A fim de reduzir a probabilidade de Sinterização na mistura é adicionada a Grafita com granulometria inferior aos grãos de MgO e SiO_2 que tem a função de se alocar entre eles e como o ponto de fusão é maior, ela impede que os grãos sinterizem entre si. Outra função da Grafita é que ela reduz a molhabilidade do aço e da escória, fazendo com que isso evite a penetração dos mesmos no canal, reduzindo assim a probabilidade de não abertura livre.

Outro fato que se deve ter muito cuidado é na determinação da proporção de SiO_2 presente na areia, pois este composto é considerado um óxido ácido que pode em quantidades elevadas pode aumentar o consumo de refratários tanto do canal como do fundo das panelas de aço.

Uma vez enchido o canal com a areia, pode-se haver um acumulo de aço sobre o canal com temperatura inferior ao do banho isso faz com que possa se formar uma camada de aço sobre o canal. Outro fato que pode acontecer é que por algum motivo devido à sucata pode haver um desprendimento de areia da parte superior do canal fazendo com o aço se deposite nesta cavidade e consequentemente não ocorra a abertura livre. Por isso a Magnesita

Refratários recomenda a colocação de 40% do volume do canal a mais de areia para que se forme um “cogumelo” acima do canal que evita os problemas citados acima.

Sendo a densidade da areia em média 1,4 g/cm^3 o consumo deste material varia muito de usina para usina, isso porque a quantidade a ser aplicada depende do diâmetro interno do canal, do numero de luvas a ser usado, da capacidade do FEA e da forma com que a aciaria trabalha, ou seja, dependendo do tipo de aço precisa-se de um vazamento mais lento, logo o canal tem que ter um diâmetro menor, ou caso a usina tem como objeto o ganho de produtividade, buscam-se tempos cada vez menores de vazamento garantindo que não haja a passagem de escória pelo canal. Sendo o custo diretamente ligado ao consumo deste material, a média de custo gira em torno de R$1.000,00 por tonelada de areia consumida.

2.5.1 Tipos de Areia Empregados no Processo:

Conforme mostrado na seção 2.5, grande parte das usinas siderúrgicas utilizam a mistura de Sílica (SiO_2) com Oxido de Magnésio (MgO) no fechamento do canal, sendo que a proporção destes dois componentes variam de acordo com tipo de forno e tipo de operação, por exemplo, um forno que opera com uma maior quantidade de “pé-líquido”, demandará uma maior quantidade de MgO na mistura, já que o MgO possui maior refratariedade. Tem-se que para cada configuração de mistura, tem-se um produto diferente.

Quando se tem um furo EBT com diâmetro menor, faz-se necessária a utilização de produtos de maior refratariedade, ao ponto do MgO não ser tão eficaz. Então neste caso utiliza-se a Cromita que é uma mistura de basicamente 3 óxidos (Cr_2O_3, FeO e MgO) que possui maior refratariedade, porém com custo mais elevado. (SAMPAIO, CORREIA & PAIVA)

Caso ainda a Cromita não atenda ao processo é então necessário o uso de uma mistura de Zirconia (ZrO_2) cuja refratariedade é maior ainda, entretanto seu custo supera tanto a Cromita como a mistura SiO_2-MgO.

É válido lembrar que atualmente há uma procura intensa na redução de custos, o que fez com que as siderúrgicas deixassem de usar areia de Cromita e areia de Zirconica, utilizando em Fornos Elétricos apenas misturas de SiO_2-MgO. As empresas às vezes preferem fazer alterações no FEA a ter que dispender um alto custo com materiais considerados nobres.

3. FERRAMENTAS UTILIZADAS NA GESTÃO DA QUALIDADE E SEUS CONCEITOS

3.1 O PDCA:

De acordo com Aguiar (2006), para sobrevivência das empresas em que há uma alta necessidade de geração de resultados e uma procura intensa de melhoria contínua nos processos de gestão, é necessário que os gestores adotem ferramentas que agreguem valor de forma rápida e eficaz. Uma delas é o PDCA que segundo Leusinet al (2013) é uma ferramenta criada por Walter A. Shewhart e aperfeiçoada William Edward Deming usada para análise e solução de problemas onde a sigla PCDA de acordo com Campos (2006) significa Planejamento, Execução, Verificação e Ação respectivamente e representam cada etapa de um ciclo conforme mostrado na figura 16:

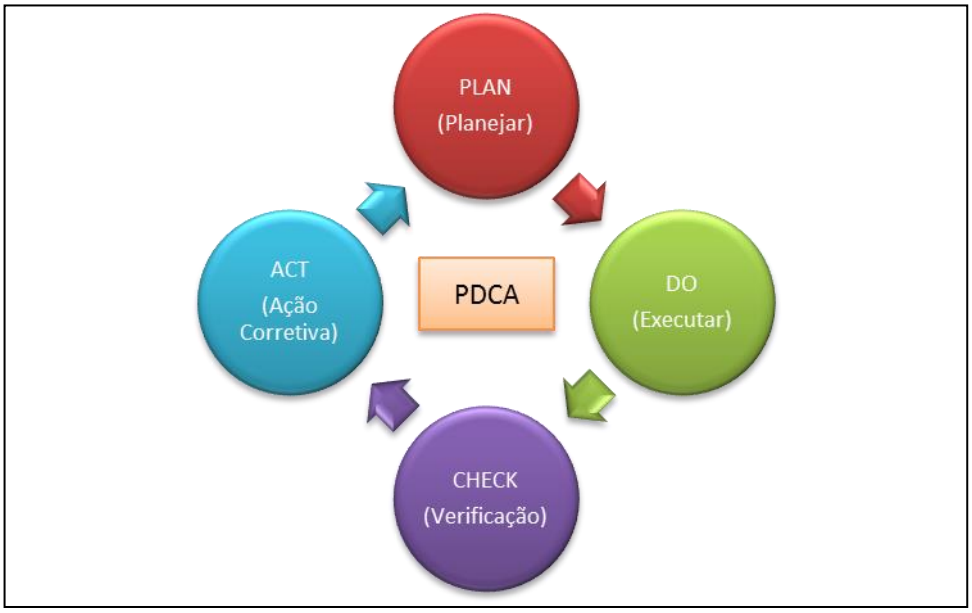


Figura 16. O Ciclo PDCA

Fonte: Aguiar (2006) - ADAPTADO

Ainda de acordo com Campos (2006), inicialmente é feito o Planejamento (P) onde se estabelece as metas para cada item de controle, definindo aonde se quer chegar bem como o caminho ou a metodologia a ser seguida para se atingir a meta. Menezes (2013) relata que na prática esta etapa por muitas vezes é deixada de lado pelos gestores que segundo o mesmo “Não planejamos porque não temos tempo e não temos tempo porque não planejamos”, ressaltando a importância de se planejar a fim de evitar futuros retrabalhos.

O próximo passo é a Execução (D) que de acordo com Campos (2006) é a realização do das tarefas que foram previstas no planejamento e a coleta dos dados que servirão para a próxima etapa. Além disso, nesta etapa é de extrema importância o treinamento no trabalho.

A seguir a próxima etapa é a Verificação (C) cuja principal função é comparar os dados coletados com o que se esperava no planejamento registrando os desvios encontrados entre eles.

Por fim, é feita a Ação Corretiva (A) que tem a função atuar a partir dos desvios encontrados de tal forma a elaborar ações que sanem os problemas e os mesmos não voltem a acontecer. Caso não solucione o problema, é feito um novo planejamento dando início a um novo ciclo.

De acordo com Aguiar (2006) o PDCA pode ser dividido em duas categorias, sendo um para manter resultados, ou seja, quando o processo está estabilizado e a meta atingida está a um nível aceitável neste caso utiliza-se o PDCA para Manutenção dos Resultados. Caso se pretenda melhorar os resultados utiliza-se o PDCA para melhoria, também conhecido como Método de Análise e Solução de Problemas – MASP, que será mostrado no Capítulo 4.

Ainda conforme AGUIAR (2006) para que se possa utilizar o PDCA são necessárias algumas ferramentas da Gestão da Qualidade que podem ser estatísticas ou não e que formarão o meio necessário para a obtenção e processamento dos dados e disponibilização de informações que serão abordados de forma simplificada a partir da seção 3.2.

3.2 BRAINSTORMING

Essa ferramenta do inglês significa “Tempestade de Idéias” que Segundo Leusinet al (2013) auxilia a geração do maior numero de ideias para solução de problemas em equipe em um curto período de tempo onde nenhuma ideia é descartada a fim de promover momentos de criatividade e segundo Menezes (2013), no Brainstorming quantidade gera qualidade, ou seja quanto mais ideias forem geradas maior a chance de se encontrar a solução de um determinado problema.

3.3 ESTRATIFICAÇÃO

E um processo em que se busca dividir os dados em grupos e subgrupos de acordo com suas características ou categorias tal forma que se possa avaliar da melhor forma possível a situação identificando o problema principal (MENEZES, 2013).

3.4 GRÁFICO DE PARETO

De acordo com Campos (2006), o gráfico de Pareto é uma forma de mostrar graficamente a estratificação onde se permite priorizar quantitativamente os itens mais importantes. O Princípio de Pareto diz que “Muitos itens são triviais e poucos são vitais”, ou seja, poucos fatores são responsáveis pela maior parte dos problemas, cabe o gerente analisar da melhor forma possível e atuar nos maiores problemas ou seja os que tem maior magnitude de impacto. A figura 17 abaixo mostra uma ilustração do Gráfico de Pareto:

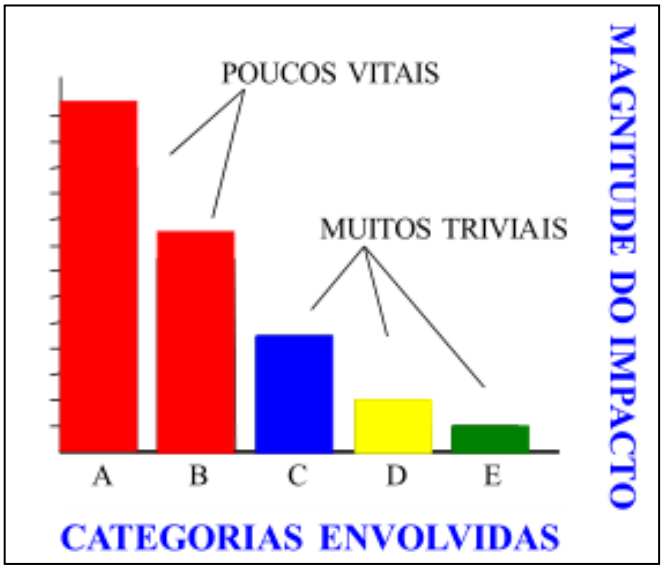


Figura 17. Ilustração do Gráfico de Pareto

Fonte: (MENEZES, 2013), página 22

3.5 DIAGRAMA DE ÁRVORE

De Acordo Holanda e Pinto (2009), conhecido também como “Diagrama Espinha de Peixe” ou “Diagrama de Ishikawa” tem a função é relacionar as causas que podem afetar um

determinado resultado aos seus resultados propriamente dito, sendo que as causa podem ser divididas em categoriais que são: Máquinas, Medidas, Meio Ambiente, Materiais, Métodos e Mão de Obra conforme mostrado na figura 18:

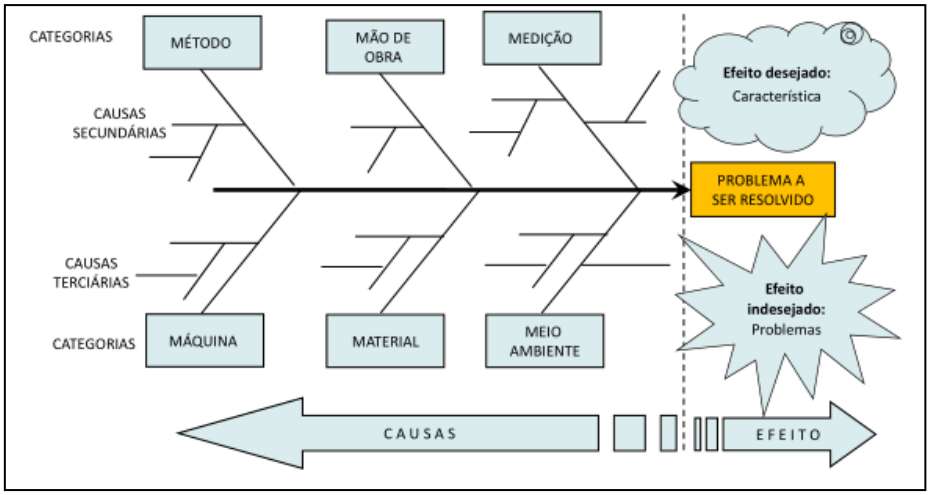


Figura 18. Diagrama de Árvore

Fonte: MENEZES (2013), página 37

3.6 5W2H

Segundo Menezes (2013) esta ferramenta possui grande aplicabilidade nos dias atuais e se refere a um plano de ações que para cada ação se tem alguns parâmetros que se devem ser seguidos além de se poder monitorar as ações diariamente. A sigla vem do inglês e significa: Why (Porque será feito), What (O que será feito), How (Como será realizado), Where (Onde será realizado), When (Quando será), Who (Quem será) e HowMuch / HowMany (Custo).

Estas ferramentas darão um suporte ás análises para verificar quais são os pontos críticos e quais poderão ser melhorados a fim de reduzir o consumo de areia EBT no Forno elétrico a Arco da Siderúrgica X usando a Metodologia de Análise de Solução de Problemas – MASP.

4. MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS – MASP

Segundo Campos (2006) este método também conhecido com “QC STORY” teve sua origem no Japão sendo um modelo de PDCA específico para a melhoria de resultados das companhias que buscam melhoria continua em seus processos de forma ágil e eficiente.

O MASP é uma ferramenta flexível que permite solucionar um determinado problema de tal maneira que se possa fazer uma priorização, divisão e verificação de cada ponto que necessite atenção, estreitando as informações de forma que estas possam convergir para a solução mais provável. A partir da solução cria-se uma ação corretiva específica para tal problema e faz-se um acompanhamento (MENEZES, 2013). A Figura 19 mostra como o MASP está estruturado baseado no Ciclo PDCA:

PDCA	Fluxograma	Fase	Objetivo
P	1	Identificação do Problema	Definir claramente o problema Reconhecer sua importância
	2	Observação	Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista
	3	Análise	Descobrir as causas fundamentais
	4	Plano de Ação	Elaborar um plano para bloquear as causas fundamentais
D	5	Ação	Bloquear as causas fundamentais
C	6	Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo
	N ? S	(Bloqueio foi efetivo?)	
A	7	Padronização	Prevenir contra a reincidência do problema
	8	Conclusão	Recapitular todo o processo de solução do problema para trabalho futuro

Figura 19. Estruturação do MASP

Fonte: MENEZES (2013), página 11

A partir da seção 4.1 será feito um detalhamento de cada etapa deste ciclo:

4.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA:

Nesta etapa são definidas todas as premissas do problema, bem como sua importância e conveniência de sua solução, ou seja, se a meta imposta é realmente importante para a organização, tomando o cuidado para não desperdiçar tempo e esforços (AGUIAR,

2006). Para isso deve-se levantar o histórico do problema com fotos, dados e gráficos, demonstrar as perdas atuais e ganhos previstos, e em seguida definir os responsáveis pela solução do problema (MENEZES, 2013). Pode-se usar como ferramenta o gráfico de Pareto.

4.2 OBSERVAÇÃO

Nesta fase são identificadas características específicas do problema através da observação local e elaboração dos orçamentos e metas (LEUSIN et, al). Uma ferramenta comumente usada nesta etapa é a Estratificação.

4.3 ANÁLISE

Segundo Aguiar (2006), procura-se aprofundar no problema de tal maneira que seja possível desdobra-lo em problemas prioritários mais simples, buscando a solução do problema, definindo as causas influentes e fazendo uma análise das causas mais prováveis que são de fato responsáveis pelo problema. Pode-se usar como ferramenta o Brainstorming e o Diagrama de Ishikawa para auxílio nesta etapa (MENEZES, 2013).

4.4 PLANO DE AÇÃO:

Nesta etapa busca-se elaborar um plano de ação a fim de bloquear o problema certificando-se que as ações eliminarão as causas do problema definindo um cronograma, orçamento e metas. A ferramenta usada nesta fase é a 5W2H. (MENEZES, 2013)

4.5 AÇÃO:

Nesta etapa faz-se um treinamento com a equipe das ações definidas no plano de aço e então se executa as ações propriamente ditas, registrando os resultados, independente se eles são satisfatórios ou não. (AGUIAR, 2006)

4.6 VERIFICAÇÃO

Logo após as ações, verifica-se se as ações propostas foram efetivas ou não, ou seja, compara-se os resultados propostos com o que aconteceu de fato. Caso negativo volta-se a etapa de observação e se faz um novo ciclo observando fatores não observados na primeira vez. Caso os resultados forem positivos, passa-se para a próxima etapa que é a padronização a qual será explicada a seguir. (LEUSIN et, al)

4.7 PADRONIZAÇÃO

De acordo com Menezes (2013), após a verificação ser devidamente aprovada, é feita a padronização das práticas adotadas englobando-as no processo padrão da empresa através de reuniões e treinamentos com a equipe. Além disso, é feito um acompanhamento para que o problema não volte a acontecer. Uma ferramenta comumente usada é a 5W2H.

4.8 CONCLUSÃO DO MASP

Nesta etapa é feita uma avaliação de tudo que foi realizado, verificando se a ferramenta foi corretamente utilizada, se houve atrasos nas entregas dos planos de ação, se a equipe se empenhou e participou do projeto tornando as reuniões produtivas. É feita também uma avaliação dos itens pendentes já pensando numa futura aplicação do MASP. (MENEZES, 2013)

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Diante da Elaboração do plano de Metas para o Ano de 2017, onde a equipe de Gestão da Siderúrgica objeto do estudo tem focado projetos que possuem potencial para a melhoria dos processos e ganhos de produtividade por meio da redução de custo e consumo de materiais, verificou-se um potencial ganho com a redução do consumo de areia EBT, material que possuía um custo mensal elevado devido à quantidade gasta. Desta forma, decidiu-se aplicar os conhecimentos adquiridos durante a graduação em Engenharia de Produção e usar a Metodologia de Análise de Solução de problemas que, como dito no capítulo 4, é um PDCA específico para a melhoria de resultados das companhias que buscam melhoria continua em seus processos de forma ágil e eficiente.

De Acordo com a Metodologia explicada no Capítulo 4, o primeiro passo para a melhoria de um processo se chama Identificação do Problema e este será explicado na seção 5.1.

5.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA NA SIDERÚRGICA OBJETO

O primeiro passo antes de aplicar a metodologia para redução de consumo de areia EBT foi levantar os dados de consumo de 2015 até o final de 2016 e obteve-se o seguinte gráfico mostrado na Figura 20, onde se pode observar uma média entre os dois anos de 174 toneladas / mês de Areia de EBT. Além disso é possível observar que a quantidade consumida mensalmente não possui uma grande variabilidade, sendo as variações dependentes apenas da quantidade de aço produzida mensalmente pela Siderúrgica objeto.

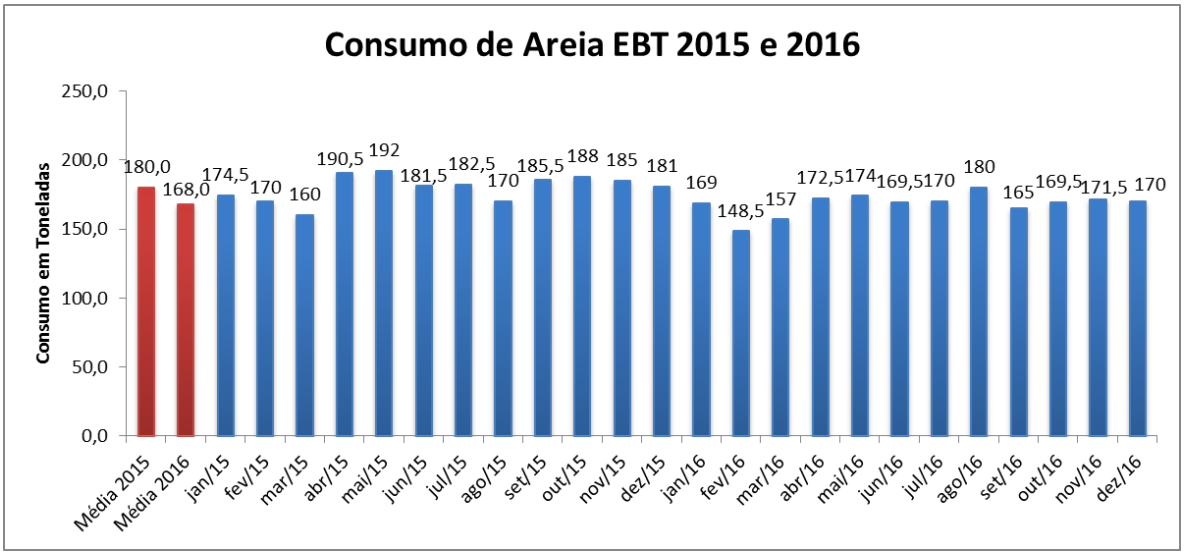


Figura 20. Consumo de Areia EBT no FEA da Siderúrgica Objeto entre os anos de 2015 e 2016

FONTE: Equipe de Gestão

Considerando que o Custo médio da Tonelada de Areia EBT é de R$ 1.300,00, o a Figura 21 mostra a evolução do custo mensal com o material onde é possível observar uma média mensal de R$ 226.000,00. Ou seja, analisando este custo é notável que caso fosse possível uma redução 10% no consumo, seria o equivalente a uma redução de R$22.600,00 mensal no custo da empresa. Daí a importância no projeto e a necessidade de utilizar uma metodologia adequada que servisse de base para guia-lo da melhor forma possível a fim de verificar quais seriam as oportunidades de melhoria e quais eram os principais pontos críticos.

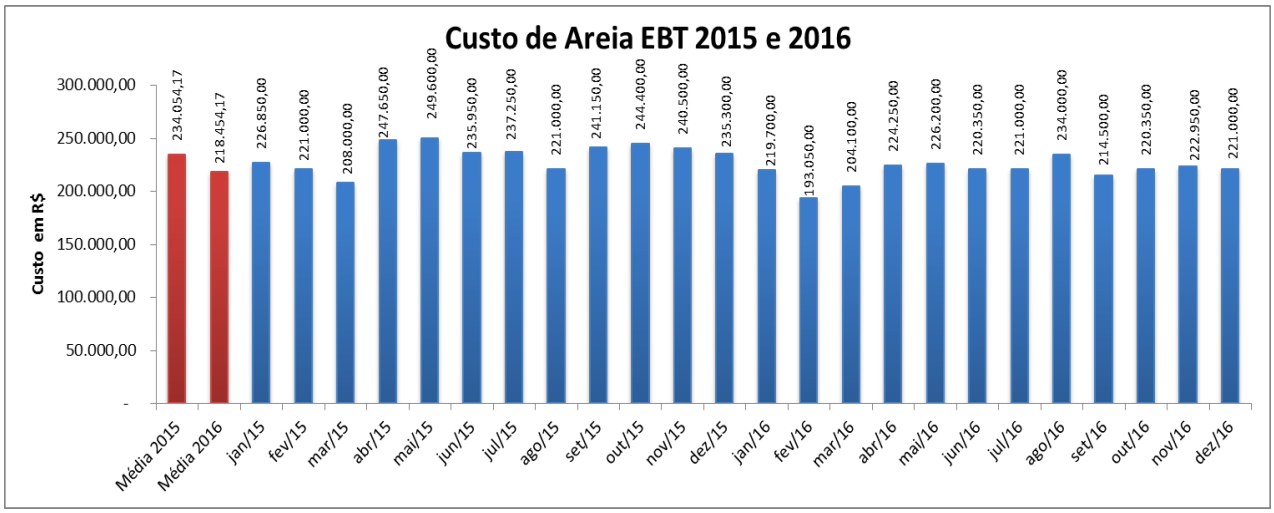


Figura 21. Custo de Areia EBT no FEA da Siderúrgica Objeto entre os anos de 2015 e 2016
FONTE: Equipe de Gestão

Dado o potencial ganho com o projeto, inicialmente definiu-se uma meta para o ano de 2017 de redução do consumo em 10% por mês o que traria um ganho anual de R$ 270.000,00.

Identificado o problema e definido a meta principal do projeto, a próxima etapa foi a parte de observação que será explicada na seção 5.2.

5.2 OBSERVAÇÃO NA SIDERÚRGICA OBJETO:

Como apresentado no Capítulo 4, esta etapa do MASP tem o objetivo de investigar as características específicas do problema em questão com uma visão ampla e sob vários pontos de vista.

O primeiro passo foi ir para a área de operação e acompanhar de perto como a areia de EBT era usada, bem como seu mecanismo de abertura do canal e observar a logística de abastecimento coletando alguns dados que pudessem servir de base para uma análise futura.

Foi observado que a cada vazamento a areia é levada junto com o aço para o interior da panela e se escorifica. Essa areia refratária era estocada na área de produção em bags de 1500 kg, sendo que cada corrida eram utilizadas em torno de 200kg. Esses bags eram abastecidos a cada três dias, gerando assim um grande volume de bags na área que poderiam ser perdidos, uma vez que esses bags ficavam expostos a respingos de aço, batidas de equipamentos e intemperes do tempo e por serem materiais higroscópicos, poderia gerar problemas de qualidade e eficiência do produto.

Outro ponto observado foram as operações que fazem a areia chegar até o canal EBT do FEA. Foi visto que há um silo com capacidade de 4500 kg que era abastecido de acordo com a necessidade da operação. O Material saia deste silo por gravidade e caia em uma bomba axial que bombeava o material até um segundo silo menor que servia de medida para o operador saber o quanto de material ele deveria colocar para enchimento do canal EBT. Os silos estão representados na figura 21. Outro ponto que foi observar é que no silo maior havia uma faca na parte superior que servia para abrir o bag por baixo e assim abastecer o silo.

Figura 22. Silos de Abastecimento do Canal EBT

FONTE: O AUTOR

Uma observação importante é que o silo menor não era abastecido exatamente sobre o canal de vazamento, ele era abastecido paralelamente enquanto o FEA opera e quando terminava o vazamento o operador girava este silo e o posicionava sobre o canal e então liberava uma válvula para que a areia caísse dentro do canal.

Verificou-se também que o valor entendido como consumo mensal correspondia a tudo que foi efetivamente colocado no canal de vazamento para a vedação do forno em operação, somado a perdas de materiais durante a logística de abastecimento.

5.3 ANÁLISE NA SIDERÚRGICA OBJETO

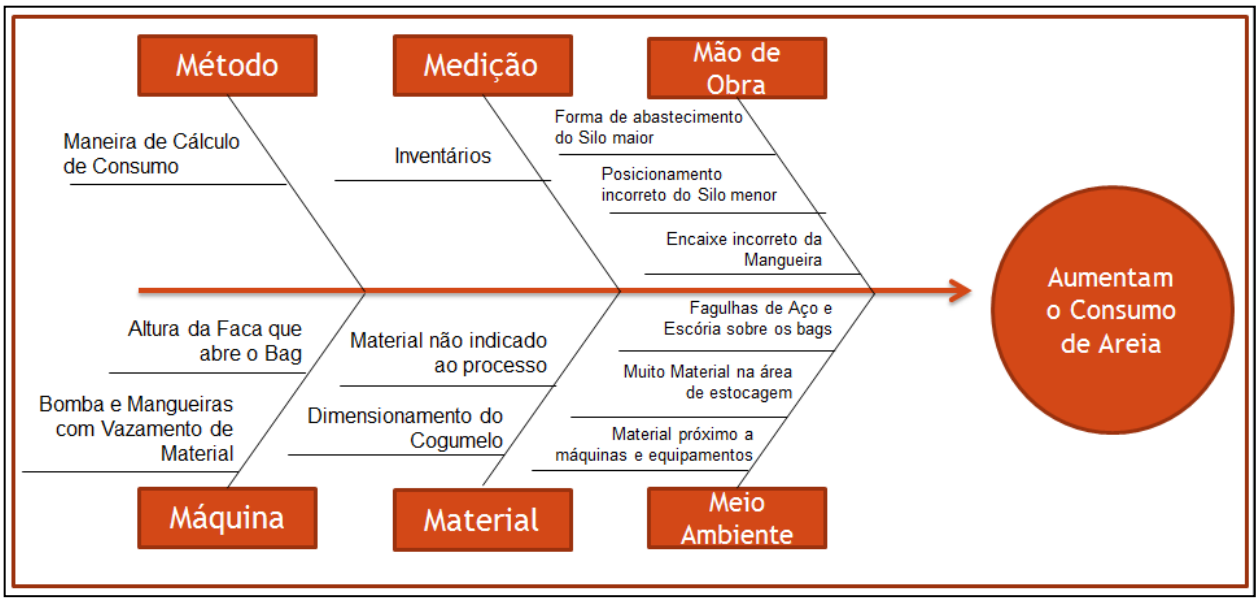
Esta etapa teve como objetivo, fazer uma análise crítica a fim de descobrir quais eram as causas do problema, ou seja, verificar minunciosamente quais eram os principais pontos de melhoria tanto no processo logístico como no mecanismo de abertura do canal EBT a fim de reduzir o consumo do material em questão.

O primeiro passo foi realizar um *Brainstorming* a fim de levantar as causas, ou seja, das 180t consumidas em média, verificar o que realmente estava indo para o canal e assim eliminar os desperdícios do processo. Em reunião com a equipe técnica e operacional, foram levantados os seguintes pontos:

- ✓ Perda de Material devido à bags rasgados na área de estocagem;
- ✓ Perda de Material devido à bags queimados na área de estocagem;

- ✓ Perda de Material ao abastecer o silo Maior;
- ✓ Perda de Material na Bomba Axial;
- ✓ Perda de Material na Mangueira que faz a transferência entre a bomba axial e o silo menor;
- ✓ Perda de Material durante o abastecimento do silo menor;
- ✓ Desalinhamento do Silo menor e o canal EBT;
- ✓ Posicionamento do Silo menor sobre o canal por parte do operador;
- ✓ Encaixe incorreto da mangueira de transferência;
- ✓ Volume do Cogumelo formado;
- ✓ Areia não era aplicável ao Processo de produção no FEA da Siderúrgica Objeto;
- ✓ Inventários era sendo feitos corretamente?
- ✓ Cálculo do Consumo estava correto.

Estas "componentes" do consumo foram estruturadas de forma esquemática no diagrama de Ishikawa a fim de organizar o raciocínio e verificar claramente quais eram as principais causas que poderiam aumentar o consumo. A Figura 22 mostra o diagrama confeccionado em que à esquerda estão as causas e a direita está o efeito que é o aumento do consumo e após a figura será feita uma análise de cada item exposto, bem como, a forma com que cada um deles poderiam influenciar no efeito.



Fonte: MENEZES (2013), página 37 (ADAPTADO)

Figura 23. Diagrama de Ishikawa

Método:

Foi observado que a maneira como é calculado o consumo pode influenciar na conclusão se o consumo aumentou ou não, isso porque ele é diretamente influenciado pela produção de aço no FEA e se a produção variar bruscamente, com certeza o consumo de areia sofrerá um efeito tanto positivo como negativo. Além disso, o fato e englobar as perdas de material no consumo também poderia influenciar no resultado final de uma análise.

Medição:

A forma de saber o que foi gasto é a partir de Inventários realizados no estoque da Siderúrgica Objeto onde é feita uma contagem do material duas vezes na semana e é lançado em um ERP a diferença entre o Estoque Físico e o Estoque do sistema que engloba o material que chegou na planta. Caso contagem fosse feita de fora equivocada poderiam surgir variações no consumo de areia EBT.

Mão de Obra:

A forma de abastecimento do Silo maior é feita via ponte rolante. Com o bag de areia preso ao gancho da ponte, o operador deve posicioná-lo exatamente sobre a faca que irá rasgar o Bag liberando o material para o Silo, sendo que esta operação depende muito da habilidade do operador, já que caso ele não posicione o bag de forma correta, todo o material poderia cair fora do silo.

Outro ponto é que o operador deve conectar a mangueira de transferência e inspeciona-la antes do uso de forma que não fiquem arestas, provocando assim a perda de material enquanto o há o bombeamento do silo maior para o silo menor.

Conforme já descrito, uma vez terminado o vazamento do FEA, o operador deve posicionar o silo menor de forma que todo o material caia exatamente sobre o canal até a formação do cogumelo. Caso ele não faça isso, o material poderia cair fora e haveria uma perda de material.

Tendo em vista os pontos citados acima, tem-se que caso a mão de obra não executasse corretamente os procedimentos de enchimento do canal, poderia haver perdas que

influenciam diretamente no consumo. Daí a importância de conscientização dos operadores quanto às perdas de material.

Máquina:

Apesar do processo de abastecimento do silo maior contar muito com a habilidade do operador de ponte rolante, verificou-se que a faca para abertura do bag se encontrava numa altura elevada o que propiciava a perda de material conforme mostra a figura 23, onde se percebe um acúmulo de material na base do silo:

Figura 24. Ilustração de acúmulo de Material na base do Silo
FONTE: O AUTOR

Outro fato que poderia causar a perda de materiais é a máquina de bombeamento e a mangueira de transferência, pois se as mesmas não estiverem em boas condições, certamente haveria desperdícios. É importante salientar que não havia um plano de manutenção preventiva específico da máquina.

Material:

Uma causa que afeta o consumo é que para garantir a abertura livre, o operador usa do artifício de colocar material a mais no canal a fim de aumentar o cogumelo e assim facilitar a abertura livre do canal. Isso afeta diretamente no consumo mensal de Areia EBT.

Com o objetivo de verificar a quantidade real de material que cabe dentro do canal de 180 mm de diâmetro e altura de 1370 mm (formado por 7 “discos” de 170 mm + um “disco” de 180 mm, sendo estes “discos” no jargão da Siderurgia chamados de Luvas), conforme mostra a figura 24, foi feito um experimento em campo em que um canal novo foi cheio com Areia EBT usada na planta e verificou-se que 56 kg são suficientes para completa-lo da

válvula gaveta até o topo. De acordo com a literatura da seção 2.5, é necessário adicionar um volume 40% a mais do canal para que haja a formação do cogumelo, portanto a quantidade Teórica de areia por corrida seria de 78,4 kg por corrida, constatando assim que estava ocorrendo um superdimensionamento da quantidade adicionada por corrida, já que o silo menor tinha uma capacidade para 176 kg de Material, abrindo assim uma grande oportunidade de melhoria para a redução do consumo de areia EBT.

Figura 25. Canal EBT montado no Experimento.

FONTE: O AUTOR

Uma observação importante é que o experimento foi feito em um canal novo, e conforme já dito na revisão bibliográfica, com o passar das corridas, o mesmo sobre desgastes químicos e mecânicos que aumentam o seu diâmetro, e por consequência o seu volume e a quantidade necessária para preenchê-lo e garantir o cogumelo para abertura livre.

Meio Ambiente:

Dentro do ambiente insalubre que é uma aciaria, este ramo do Diagrama de Ishikawa é muito importante quando se trata de bags feitos de Polipropileno. Como o abastecimento era feito de 3 em 3 dias pelos funcionários da Siderúrgica, isso causava um acumulo de material na área a área interna de estocagem e esse material ficava exposto à respingos de aço e escórias e calor de equipamentos industriais, com frequentes queimas de bags e perda do material.

Outro ponto é que esta área de estocagem ficava próxima a uma área que havia uma movimentação de equipamentos que esbarravam nos bags, o que também causava perda de material aumentando assim o consumo de areia EBT. A figura 25 mostra um exemplo do acumulo de material e bags rasgados.

Figura 26. Exemplo de Bags

Fonte: O AUTOR

Tendo em vista a parte de análise onde foi possível observar cada ponto específico, os ramos que mereceram maior atenção nas ações foram: Materiais, Meio Ambiente e Máquinas uma vez que eles influenciam diretamente no consumo de areia EBT, e melhorando-os é possível alcançar bons resultados. As ações propostas são apresentadas na seção 5.4.

5.4 PLANO DE AÇÃO NA SIDERÚRGICA OBJETO

Identificado os pontos de Melhoria, foi confeccionado o Plano de ação mostrado na Tabela 2 utilizando a Ferramenta 5W2H como referência, onde foram desdobradas as ações para equipes como Manutenção, caldeiraria, operação e fornecedor.

Item	O que será Feito	Porque será Feito	Como será feito	Onde será Feito	Por quem será Feito	Quando Será Feito
1	Conferir Inventário	Reduzir a Probabilidade de Erros na Medição	Inventário Conjunto entre Cliente e Fornecedor de Areia	Siderúrgica Objeto	Fornecedor e Cliente	nov/16
2	Reduzir a Altura da Faca de Rasgagem de Bag's	Evitar a Perda de Materiais no Abastecimento do Silo Maior	Abaixando a faca até o nível da borda do silo maior	Siderúrgica Objeto	Equipe de Caldeiraria	dez/16
3	Aumentar borda do Silo Maior	Evitar a Perda de Materiais no Abastecimento do Silo Maior	Aumentando a largura da Borda superior do Silo Maior	Siderúrgica Objeto	Equipe de Caldeiraria	dez/16
4	Criar Check List de Inspeção da Bomba e Mangueiras	Evitar a Perda de Materiais entre o silo maior e o silo menor.	Antes de Iniciar o turno o operador deve inspecionar a bomba e a mangueira para verificar se há vazamento de material	Siderúrgica Objeto	Equipe de Operação do FEA	nov/16
5	Criar dispositivo de posicionamento Ideal do Silo menor sobre o Canal	Evitar a Perda de Materiais durante o Enchimento do Canal	Colocando um Batente que deixará o Silo menor justamente sobre o Canal	Siderúrgica Objeto	Equipe de Manutenção Mecânica	dez/16
6	Realizar treinamento dos Operadores	Conscientiza-los a respeito da importância de não perder material	Treinando-os na Reunião Pré Turno	Siderúrgica Objeto	Fornecedor	nov/16
7	Criar Plano de Manutenção Preventiva na Máquina	Evitar de Perda de Material devido ao Mau funcionamento da Máquina	Equipe de Manutenção fará uma manutenção Preventiva na máquina todo mês.	Siderúrgica Objeto	Fornecedor e Equipe de Manutenção	jan/17
8	Fazer um estudo se o Material é o Mais indicado ao Processo	Evitar perdas durante a operação.	Fazendo uma análise criteriosa do Processo com a Areia usada em questão	Siderúrgica Objeto	Fornecedor	jan/17
9	Reduzir o Tamanho do Silo menor	Constatou-se que a quantidade de areia colocada está superestimada	Reduzindo o silo menor em 100 mm, isso reduz sua capacidade em 35 kg/corrida, garantindo estabilidade operacional	Siderúrgica Objeto	Fornecedor	dez/16
10	Melhorar o Abastecimento da Área	Reduzir o Volume de Material na área interna de estocagem	O abastecimento passará a ser de responsabilidade do Fornecedor, e passará a ser diário	Siderúrgica Objeto	Fornecedor	nov/16
11	Colocar Manta Térmica sobre os Bag's	Evitar a queima de Materiais	Colocando uma Manta que irá proteger os Bag's de respingos	Siderúrgica Objeto	Cliente	dez/16
12	Isolar a Área de Estocagem interna	Evitar a perda de material por rasgo de Máquinas e equipamentos	Identificando a Área e colocando Cerquite para Visualização do Material	Siderúrgica Objeto	Fornecedor e Cliente	nov/16

Tabela 1. Plano de Ação MASP

Fonte: O AUTOR

5.5 AÇÃO NA SIDERÚRGICA OBJETO:

Uma vez que o plano de ação foi confeccionado e todas as atividades foram destinadas aos seus respectivos interessados, nesta seção busca-se exemplificar cada ação proposta bem como demonstrar de forma prática como elas foram executadas.

Seguindo a ordem do Plano de ação, a primeira ação foi conferir se o inventário estava sendo feito de forma correta, nesta etapa foi feita uma pequena auditoria interna dos números lançados no sistema e dos inventários realizados, além disso, durante o mês de novembro de 2016 fora feitos inventários conjuntos entre o Cliente e o Fornecedor e não foram detectados problemas uma vês que este material por ser armazenado em Bags não proporcionava chances de erro na contagem, além disso como já se tinha um histórico de consumo, e já se sabia a quantidade gasta média diariamente, qualquer erro na contagem era possível detectar uma vez que o inventário era feito diariamente e o estoque na usina variava em torno de 60t.

Foi feito um treinamento com os operadores de ponte rolante, mostrando a importância de evitar o desperdício de material, bem como as melhorias que estavam sendo feitas para a redução do consumo de areia EBT, sendo neste treinamento a principal reclamação levantada era a altura da faca e o tamanho da borda do silo maior, como já se havia notado na etapa de observação.

A partir disso a equipe de caldeiraria propôs o croqui mostrado na figura 26 em que foi aumentada a borda superior do silo maior e foi reduzida a altura da faca em 400 mm a fim de reduzir perdas durante o abastecimento.

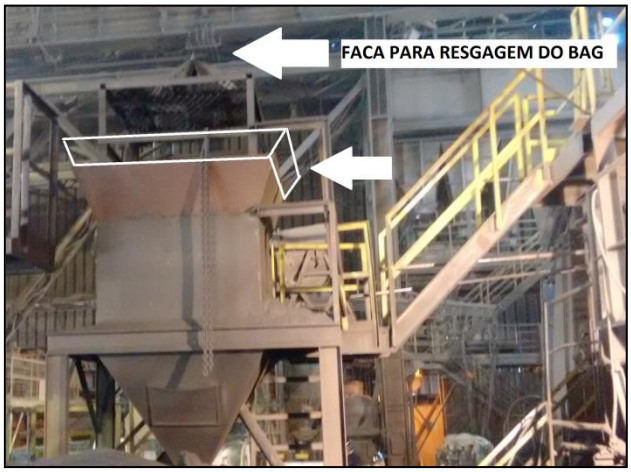


Figura 27. Croqui apresentado para o Silo Maior

Fonte: O AUTOR

Após as alterações propostas na figura 26, foi verificada de imediato uma boa redução na perda de material ao abastecer o silo maior, e foi notado que a quantidade de material depositado na base da máquina reduziu drasticamente, isso porque a faca estava mais baixa e a borda estava maior, isso fazia com que praticamente todo material caísse dentro do Silo mostrando assim que esta simples alteração poderia trazer bons resultados.

Para garantir um histórico de como a máquina estava foi criado o *Check list* mostrado na figura 27 onde o operador deveria preencher antes de cada turno. Como o tempo do operador é muito corrido, este *check lis*t deveria ser o mais simples possível para otimização do tempo e para que o operador pudesse realizar as demais atividades. Além disso, neste *check list* ele poderia anotar eventuais problemas na máquina que poderiam ser solucionados de imediato pela equipe de manutenção.

Check List da Máquina de Areia do EBT				
Operador:				
Turno:				
Turma:				
		Sim	**Não**	**Observação**
1	Silo tem vazamento de material?			
2	Grade abaixo da faca está obstruida?			
3	Bomba funcionando perfeitamente?			
4	Há vazamentos na Bomba?			
5	Conexões estão OK?			
6	Mangueiras estão OK?			
7	Há vazamentos na até a chegada do Silo menor?			

Figura 28. Check List da Máquina de projeção

Fonte: O AUTOR

Como dito anteriormente, o tempo de um operador de FEA é muito curto já que ele tem várias atividades a se fazer, sendo que este *check list*, mesmo sendo pequeno, não teve uma aceitação muito positiva, fazendo com que o fornecedor passasse a fazer este *check list* diariamente. E foi notado que as conexões das mangueiras eram feitas de latão sofriam maior desgaste devido a abrasão, sendo estas substituídas por conexões de aço. Paralelamente a este *check list*, durante as manutenções preventivas do FEA que ocorriam a cada 21 dias, era feita uma revisão geral na máquina para troca de mangueiras, conexões e demais peças que eventualmente poderiam apresentar problemas.

Conforme sugerido no plano de ação, equipe de manutenção instalou um batente fez com que o silo menor se posicionasse justamente em cima do canal EBT. Isso garantiu que toda a areia caísse justamente no canal, reduzindo assim perdas do material.

O fornecedor possui uma área de assistência técnica ao cliente e levou um especialista à planta para verificar se o produto era o indicado a forma como a Siderúrgica Objeto trabalhava e nesta visita não foi constatado problemas com o produto, além disso, como a Areia EBT não apresentava problemas de qualidade e atendia ao processo de produção de aço anteriormente ao projeto, a engenharia de processos decidiu manter o produto em questão, ficando acertado que o fornecedor mantivesse o nível de qualidade do produto.

Na parte de observação descrita na seção 5.4, foi visto que a quantidade de material depositada no canal EBT estava sendo superestimada, ou seja, uma parte do material estava sendo perdida, abrindo assim uma grande possibilidade de melhoria ao processo. Foi neste contexto que conforme o plano de ação, o tamanho do silo menor foi reduzido em 100 mm na parte superior conforme mostra a figura 28.

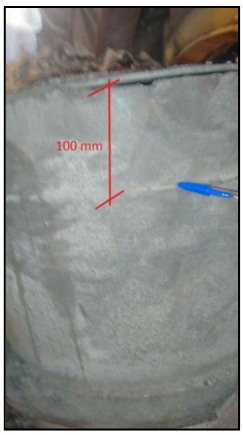


Figura 29. Redução do Silo menor
Fonte: O AUTOR

Conforme calculado, a quantidade de material por corrida reduziu em média 35 kg, e já nos primeiros dias foi vista uma direta redução no consumo de material, deixando bem claro que esta foi uma maneira eficiente e rápida para que se pudesse alcançar o objetivo do projeto. Outro ponto muito positivo com esta alteração é que o produto continuou a cumprir a usa função que é a abertura livre do canal.

O abastecimento de material na área passou a ser feito diariamente, isso reduziu a quantidade de bags na área fazendo com que a quantidade de materiais perdidas devido a queima fosse reduzida, além disso, os poucos bags que ficavam na área passaram a ser cobertas por uma manta que evitava a queima do material ao cair fagulhas de aço. Outro ponto positivo na questão logística é que os bags passaram a ficar uma área isolada, isso reduziu a perda por rasgos e esbarrões de máquinas.

5.6 VERIFICAÇÃO NA SIDERÚRGICA OBJETO

No final do mês de Janeiro de 2017, tendo todas as ações propostas concluídas dentro do prazo estabelecido, no fechamento de consumo mensal foi visto uma redução no consumo já no mês de Janeiro de 2017, provando assim que todas as ações propostas convergiram para o objetivo do projeto baseado na ferramenta MASP, reduzindo o consumo de Areia EBT na Siderúrgica Objeto. Para comprovar que todo esforço foi válido, o gráfico mostrado na figura 29, montra o consumo de areia de Jan/2016 a Out/2017, mostrando assim que todas as ações se mantiveram e que o consumo se manteve no nível esperado, ou seja, ele caiu de uma média de 168 tons em 2016 para 137 tons em 2017, sendo este valor bem abaixo do esperado, comprovando assim a eficácia das ações tomadas.

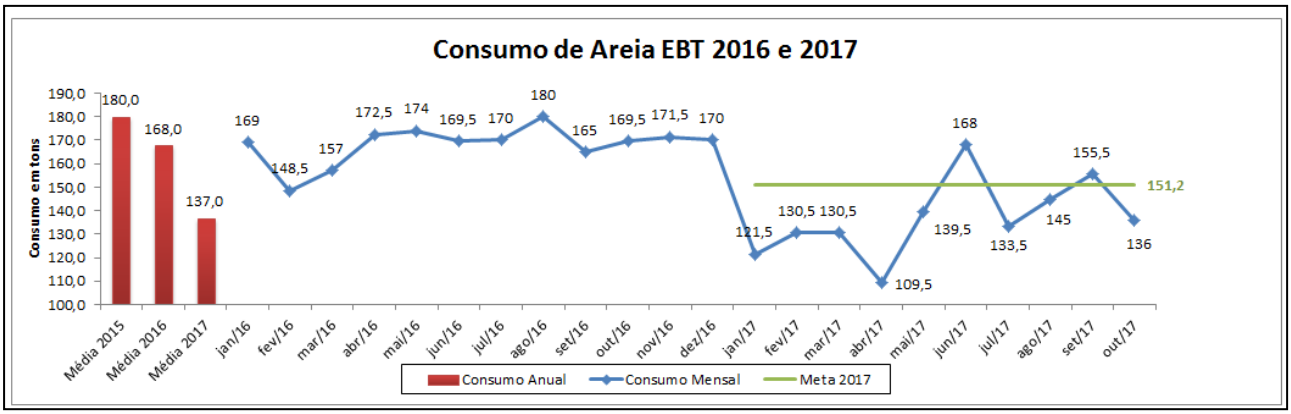


Figura 30. Consumo de Areia EBT 2016 a 2017

Fonte: Equipe de Gestão

Como dito anteriormente, o consumo em tons depende muito da produção de aço da Siderúrgica Objeto, por isso uma forma melhor de demonstrar o consumo é a através do consumo específico, ou seja, um indicador que mostra quantos kg de areia foram gastas para produzir uma tonelada de aço (kg/t). O gráfico da figura 30 irá mostrar como este consumo se comportou e o analisando é possível verificar que como o consumo foi ponderado pela produção de aço, é possível notar uma certa “linearidade” dos dados.

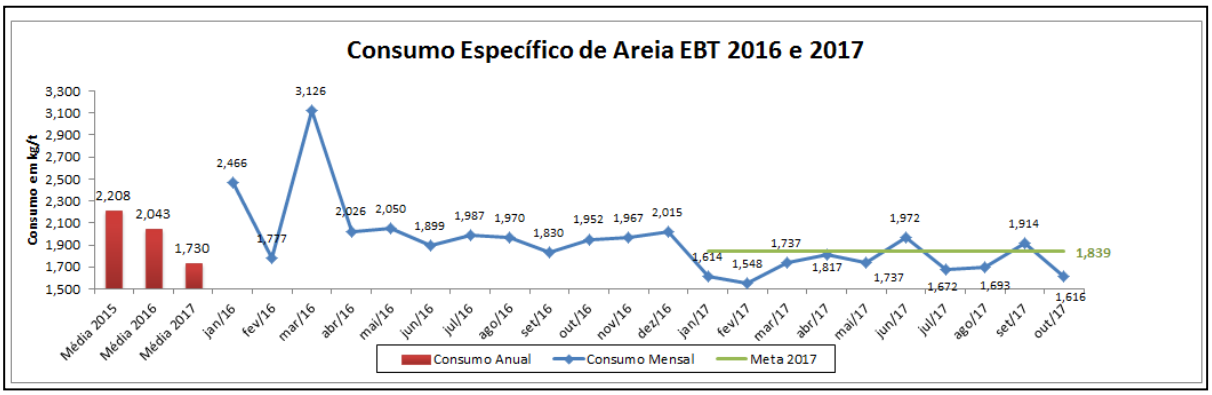


Figura 31. Consumo Específico de Areia EBT 2016 a 2017

Fonte: Equipe de Gestão

Seguindo a mesma linha de raciocínio, mostrado para o consumo específico, a melhor forma de contabilizar o custo, é através do custo específico, sendo este calculado como:

Custo Específico = (Consumo em kg de Areia * Preço) / Produção de aço em tons

A figura 31 mostra como o custo se comportou de 2016 para 2017, e é possível notar uma queda da média mensal de 0,463 R$/T, após a implantação do projeto. Considerando uma média de produção em 2017 de 79.139,876 tons, pode-se calcular que o ganho mensal está sendo de em média de R$ 36.706,60. Mostrando novamente que todas as atividades propostas no projeto foram eficazes.

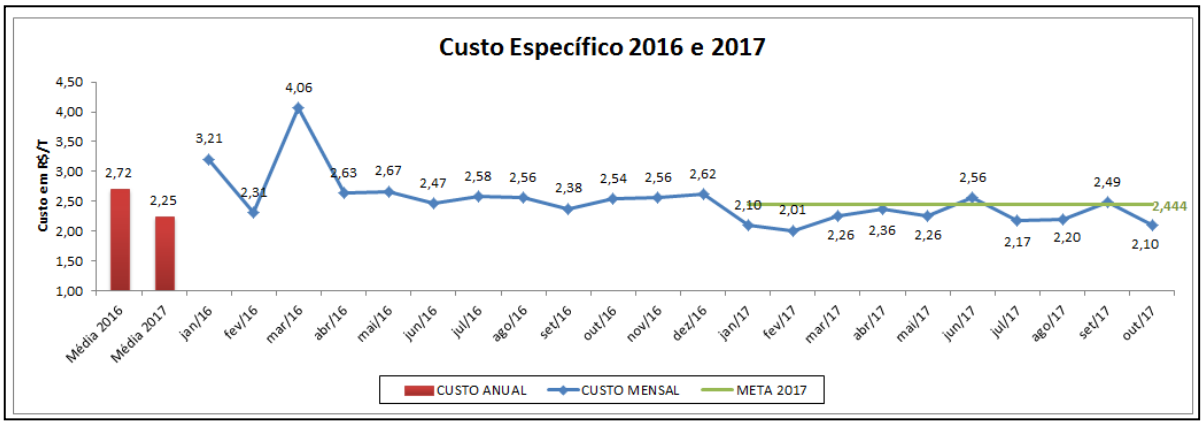


Figura 32. Custo Específico de Areia EBT 2016 a 2017

Fonte: Equipe de Gestão

Outro ponto muito importante a ser analisado nesta etapa é o índice de abertura livre o qual é calculado como o percentual de corridas que abriu livre, ou seja, o percentual de corridas que a areia cumpriu seu papel e operador não necessitou fazer o procedimento de abertura manual do canal EBT. De acordo com o gráfico mostrado na figura 32, nota-se que o numero se manteve na média de 97% de 2016 para 2017, provando assim que a diminuição no silo menor não causou problemas operacionais e continuou garantindo a formação do cogumelo.

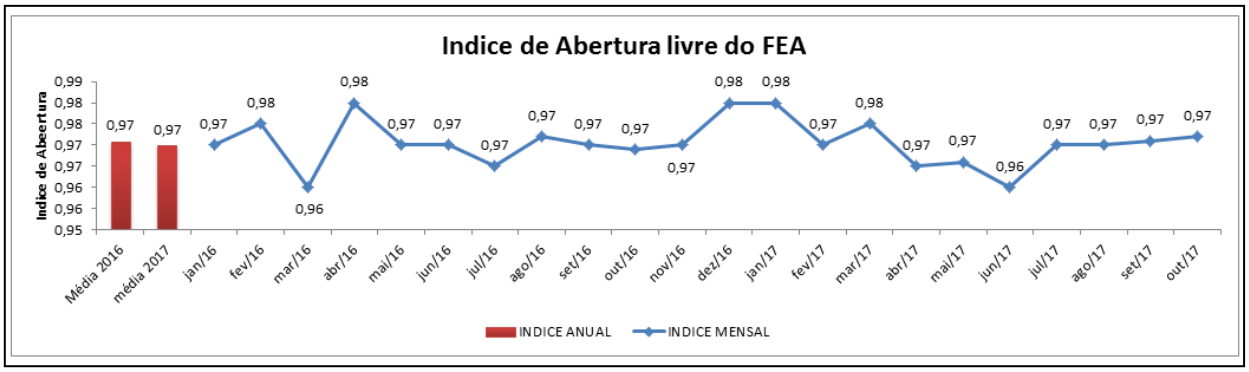


Figura 33. Índice de abertura livre do Canal EBT

Fonte: Equipe de Gestão

5.7 PADRONIZAÇÃO NA SIDERÚRGICA OBJETO

Como já visto em seções anteriores, todas as ações foram padronizadas e os treinamentos foram realizados, além disso, em reuniões mensais são apresentados os resultados de cada mês, sendo que quando a meta não é batida é feita uma análise interna para verificar quais os principais motivos que levaram a tal ocorrido e são tomadas as devidas ações para que se volte para dentro da meta estabelecida.

5.8 CONCLUSÃO DO MASP NA SIDERÚRGICA OBJETO

Diante dos resultados apresentados, verificou-se que o objetivo do projeto foi alcançado. Além disso, todas as ações foram entregues nas devidas datas acordadas previamente e como no primeiro mês após a implantação do projeto já se alcançou resultados esperados, neste caso não foi necessário retornar a etapa de análise, sendo que o MASP seguiu sua ordem natural e os acompanhamentos foram feitos a cada mês a fim de evitar desvios.

6. CONCLUSÕES

Pelo apresentado nesse projeto de pesquisa, pode-se concluir que o trabalho atingiu seu objetivo principal, que era reduzir o consumo de Areia EBT de uma Siderúrgica. Para atingir esse objetivo foi necessário olhar cada parte de um todo de forma separada, ou seja, estudar cada detalhe do processo e assim enxergar os principais pontos de melhoria e que poderiam ser otimizados localmente contribuindo para redução do custo total de uma Aciaria de uma Siderúrgica.

Considerando todas as variáveis do processo de produção do aço, todas as componentes de custo, pode se concluir também que apesar deste projeto ter um ganho anual de em torno de R$400.000,00, este valor ainda é muito pequeno em relação ao custo de uma aciaria, correspondendo a apenas aproximadamente 0,046% do custo total do aço. Como o grande desafio dentro das companhias siderúrgicas é focar a redução de custo por meio de melhorias e aumento de produtividade, destaca-se a importância de sempre definir equipes para atuarem em projetos localmente em busca de resultados que maximizem um resultado global.

Outro ponto que vale ressaltar foi a importância do MASP o qual serviu como base para a estruturação do projeto em que cada etapa foi feita de acordo com a metodologia sugerida, utilizando ferramentas da Gestão da Qualidade que facilitaram enxergar os principais pontos de melhoria, ao mesmo tempo, possibilitou um alicerce a todos os envolvidos para que o foco não fosse perdido.

A maior dificuldade neste Trabalho de Conclusão de Curso foi persuadir as pessoas da importância de se reduzir o consumo da areia, isso possibilitou uma aprendizagem prática a qual não se tem no curso de graduação. A vivência dentro de uma Siderúrgica é algo incomensurável, já que o contato com processos de produção e projetos de melhoria contínua são de grande valia para um Engenheiro de Produção, atrelada à aplicação dos conhecimentos adquiridos durante o curso de graduação.

7. REFERÊNCIAS

_____. **NBR 10520:** informação e documentação - citações em documentos - apresentação. Rio de Janeiro, 2002b.

_____. **NBR12225**: informação e documentação - lombada - apresentação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 14724:** informação e documentação - trabalhos acadêmicos - apresentação. Rio de Janeiro, 2002c.

_____. **NBR 6027:** informação e documentação - sumário - apresentação. Rio de Janeiro 2003a.

_____. **NBR 6028:** informação e documentação - resumo - apresentação. Rio de Janeiro, 2003b.

AGUIAR, S. **Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa seis sigma**. Minas Gerais/Nova Lima: INDG, 2006.

Araújo, L.A., " **Manual da Siderurgia** " – 2ª edição – Arte e Ciência Editora, São Paulo, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023:** informação e documentação - referências - elaboração. Rio de Janeiro, 2002a.

CALDAS, J.A.C., **Análise de Duas Rotas Tecnológicas na Siderurgia Brasileira com Foco na Eficiência Energética**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2011.

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da qualidade total no estilo japonês. 8ª ed.**; Minas Gerais; 2004.

CHEVRANT, L.J.S. **Aciaria Elétrica: anos-90**. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 1995.

CHEVRANT, L.J.S. **Treinamento para Aciaria da ArcelorMittal**. In 2° SEMINÁRIO DE ACIARIA ELÉTRICA – ARCELORMITTAL BRASIL, Juiz de Fora, 2013.

Ebah, Disponível em: http://www.ebah.com.br/content/ABAAABLR4AC/belgo50-60Acesso em 05.11.2016.

FIGUEIRA, R.M.F. **Operação de Forno Elétrico a Arco**. São Paulo: Gerdal, 2007.

HOLANDA, M.A; PINTO, A.C.B.R.F. **Utilização do diagrama de Ishikawa e brainstorming para solução do problema de assertividade de estoque em uma indústriada região metropolitana de Recife.**In: XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Salvador, BA, 2009.

Instituto Aço Brasil (IAB), Disponível em:
http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/index.asp. Acesso em 01.09.2016

JOHN, A.L. **Melhorias no Desempenho dos Injetores Supersonicos em operação em um Forno Elétrico a Arco**. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

JONES, J.A.T.; BOWMAN, B.; LEFRANK,P.A. **Electric Furnace Steelmaking**. Pittspurg: The AISE Steel Foundation, 1998. V 10, p. 525 – 660.

LEUSIN, M.E.; LEMOS, H.C.M; RIOS, P.F.; HOSS,M. **Metodologia MASP e ciclo PDCA na criação de um plano de ação: Estudo de caso em uma empresa de varejo calçadista.** In: XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, Salvador, BA, 2013.

MATTIELO, J. **Estudo de caracterização e análise de desempenho Operacional dos principais componentes refratários utilizados em fornos elétricos a arco.** Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

MENEZES, F.M., **MASP – Metodologia de Análise e Solução de Problemas.** Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial, Porto Alegre, 2013.

MIGUEL, P. A. C. (organizador). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

Mourão, M.B., Yokoji, A., Malynowskyj, A., Leandro, C.A.S., Takano, C., Quites, E.M.C., Gentile, E.F., Silva, G.F.B.L., Bolota, J.R., Gonçalves, M., Faco, R.J.,**Introdução à Siderurgia** . Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, São Paulo, 2007

PLM BRASIL, Disponível em:
http://www.plmbrasil.com.br/lermais_materias.php?cd_materias=461– Acesso em 10.10.2016.

Relatórios de Gestão Arcelor Mittal 2006, 2008 e 2010 – Disponíveis em
http://www.arcelormittal.com.br/galeria-midia/relatorios - Acesso em 12.12.2016.

RIZZO, E.M.S., **Estudo Prospectivo do Setor Siderúrgico**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Brasília, 2008.

SAMPAIO, J.A.; ANDRADE, M.C.; PAIVA, P.R.P. **Rochas e Minerais Industriais** – CETEM/2008, 2 a Edição. V 18, p. 403 -421.

Siderurgia no Brasil 2010-2025; subsídios para tomada de decisão – Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010

SILVA, A.L.V.C. **Forno Elétrico a Arco**. 1998. V 7, p. 1 – 25.

SOUZA, A.M.T., **Estudo de eficientização de uso de energia em uma usina siderúrgica integrada**. Tese (Doutorado em Engenharia), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, _____ de _____ de 20____.

_____	_____
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)	Matrícula
_____	_____
ASSINATURA	CPF

[1] LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena – detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.

Repositório Institucional

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

Termo de Autorização para publicação de trabalhos acadêmicos em formato eletrônico no Repositório Institucional Digital da Produção Científica e Intelectual da UFJF

1. Identificação da material bibliográfico: ( )Tese ( ) Dissertação
(x) TCC graduação ( ) TCC Especialização

2. Identificação da Tese ou Dissertação
Autor: Klissian Chinaider dos Reis
Matrícula: 201149092 CPF: 111.427.566-29 Telefone fixo: 32 3252 0857
Telefone celular: 032 99127-9767 E-mail: klissian.reis@engenharia.ufjf.br
Nome do orientador: Prof. Dr. Luiz Henrique Dias Alves.
Título do trabalho: APLICAÇÃO DA FERRAMENTA MASP PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE AREIA EBT NO FORNO ELÉTRICO A ARCO DE UMA SIDERÚRGICA.
Co-orientador: Prof. Dr. Marcos Martins Borges
Membros da Banca: Prof. Dr. Luiz Henrique Dias Alves, Prof. Dr. Marcos Martins Borges, Engenheiro Thales Fonseca de Paula

Pós Graduação Stricto Sensu (Mestrado e Doutorado)
Programa: _____Curso: _____
Área do Conhecimento:_____ Palavras-chave:_____
_____ Data da defesa: __ /___ /____

Pós-graduação Lato Sensu (especialização)
Curso de Pós-Graduação: _____
Área do Conhecimento:_____Palavras-chave:_____
_____Data da defesa: __ /___ /____

Graduação
Curso: ENGENHARIA DE PRODUÇÃO Data da defesa: 22/ 11/ 2017

Área do Conhecimento: Gestão da Qualidade

Palavras-chave: Siderurgia, Fornos Elétricos a Arco, Gestão da Qualidade

3. Agência (s) de fomento (se houver): _____

4. Licença de uso

Na qualidade de titular dos direitos de autor do conteúdo supracitado, autorizo o Centro de Difusão do Conhecimento da Universidade Federal de Juiz de Fora a disponibilizar a obra no Repositório Institucional gratuitamente, de acordo com a licença pública ***Creative Commons*** Licença 4.0 Internacional por mim declarada sob as seguintes condições.

Permite uso comercial de sua obra? ( ) sim (x) não

Permitir alterações em sua obra?

( ) sim ( ) sim, desde que outros compartilhem pela mesma licença (x) não

A obra continua protegida por Direitos Autorais e/ou por outras leis aplicáveis. Qualquer uso da obra que não o autorizado sob esta licença ou pela legislação autoral é proibido.

4. Informação de acesso ao documento:
Liberação para publicação: (x) Total ( ) Parcial

A restrição (parcial ou total) poderá der mantida por até um ano a partir da data de autorização da publicação. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à PROPP ou PROGRAD. Em caso de publicação parcial, o embargo será de 12 meses. Especifique o (s) arquivo(s) capítulo(s) restritos:

_____

_____

Declaração de distribuição não-exclusiva

O referido autor:

a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original e que detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer pessoa ou entidade.

b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à Universidade Federal de Juiz de Fora os direitos requeridos por esta licença e que esse material, cujos direitos são de terceiros, está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdos do documento entregue.

c) Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a UFJF, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo contrato ou acordo.

Assinatura do autor **Data**