

**FACULDADE DOCTUM JUIZ DE FORA  
CAMPUS ZONA NORTE  
CURSO DE GRADUAÇÃO**

**Anderson Luis Araujo Pereira  
Lucas Meireles Baumgratz  
Reinaldo Nonato Costa**

**A IMPORTÂNCIA DO CARVÃO VEGETAL NA PRODUÇÃO DE FERRO GUSA:  
UM ESTUDO EM UMA SIDERURGIA**

Juiz de Fora  
2019

**Anderson Luis Araujo Pereira  
Lucas Meireles Baumgratz  
Reinaldo Nonato Costa**

**A IMPORTÂNCIA DO CARVÃO VEGETAL NA PRODUÇÃO DE FERRO GUSA:  
UM ESTUDO EM UMA SIDERURGIA**

Monografia de Conclusão de Curso, apresentada ao curso de Administração, Faculdade Doctum de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Administração.

Orientador(a): Ms. Natália Fernandes Pinto

Juiz de Fora

2019

**Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Faculdade Doctum/JF**

Pereira, Anderson. Baumgratz, Lucas. Nonato, Reinaldo.  
A importância do carvão vegetal na produção de  
ferro gusa: um estudo em uma siderúrgica. – 2019  
45 páginas

Monografia (Curso de Administração)  
Faculdade Doctum Juiz de Fora.

1. Gestão 2. Carvão vegetal. 3. Melhoria contínua.  
4.ciclo PDCA

A importância do carvão vegetal na produção de  
ferro gusa: um estudo em uma siderúrgica.  
Faculdade Doctum Juiz de Fora

**Anderson Luis Araujo Pereira  
Lucas Meireles Baumgratz  
Reinaldo Nonato Costa**

**A IMPORTÂNCIA DO CARVÃO VEGETAL NA PRODUÇÃO DE FERRO GUSA:  
UM ESTUDO EM UMA SIDERURGIA**

Monografia de Conclusão de Curso,  
submetida à Faculdade Doctum de Juiz de  
Fora, como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Administração e  
aprovada pela seguinte banca  
examinadora.

---

Professora Ms. Natália Fernandes Pinto  
Orientador (a) e Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

---

Professora Ms. Thassia Marchi Vieira  
Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

---

Prof. ou Prof<sup>a</sup>. (titulação e nome do docente)  
Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

Examinada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

Necessariamente, agradecer, primeiramente, a Deus, que permitiu que tudo isso ocorresse ao longo de nossas vidas, e não somente neste momento da graduação. Porém, em todos os períodos, é o maior mestre que uma pessoa pode admitir.

À minha orientadora Natália, por toda sua atenção e suporte no tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos. Não podemos nos esquecer da professora Mariana, pois foi com a orientação dela que escolhemos o tema e iniciamos o trabalho de conclusão de curso. Não menos importante que as demais, agradecemos, por fim, à professora Thassia, porquanto foi sob suas orientações que conseguimos finalizar nosso trabalho.

Agradecemos, ainda, à instituição Doctum Zona Norte e todo seu corpo docente, por nos receber de braços abertos, sempre nos proporcionando um ambiente amigável, sereno e propício ao aprendizado.

Por fim, um último agradecimento aos nossos familiares e amigos, por terem nos apoiado em todos os momentos.

## RESUMO

O estudo propõe apresentar a importância da qualidade da matéria prima em um processo de produção e atividades correlatas, em especial à recepção, estocagem e abastecimento em altos fornos a carvão vegetal na Usina Siderúrgica da ArcelorMittal, de Juiz de Fora/MG. O carvão vegetal é a principal matéria prima dos altos fornos, ele representa 70% do volume de carga enforcada, tendo importante papel de permeabilizante da carga e poder energético muito alto. Por ser também uma energia renovável, ele por muitas vezes dita o custo final do ferro gusa, principal matéria prima do aço, pelo alto custo e importância no processo exige cuidados especiais no manuseio e estocagem, as quais são afetadas as qualidades físicas e químicas, principalmente, umidade e finos, aumentando consumo e diminuindo a estabilidade operacional. Os Altos Fornos, em geral, por ser um equipamento ímpar e muito sensível as variações bruscas, exigem um controle rígido na qualidade da matéria recebida e enforcada. O estudo envolve referências da Gestão da Qualidade, os quais serão ampliados pelas vivências referente a dinâmica dos altos fornos mencionados. O objetivo maior é demonstrar que, ainda se tratando de uma organização, melhorias podem ser implementadas a bem dos processos e da eficácia organizacional.

Palavras-chave: Carvão vegetal. Altos Fornos. Ferro gusa. Gestão da Qualidade

## **ABSTRACT**

The study proposes to present the importance of the quality of the raw material in a production process and related activities, especially the reception, storage and supply in charcoal blast furnaces at ArcelorMittal Steel Plant, Juiz de Fora / MG. Charcoal is the main raw material of blast furnaces, it represents 70% of the cargo load, having an important role in permeabilizing the load and very high energy power. As it is also a renewable energy, it often dictates the final cost of pig iron, the main raw material of steel, due to its high cost and importance in the process, it requires special care in handling and storage, which affects the physical and chemical qualities, mainly moisture and fines, increasing consumption and decreasing operational stability. The Blast Furnaces, in general, being a unique equipment and very sensitive to sudden variations, require strict control on the quality of the material received and handled. The study involves references of Quality Management, which will be expanded by the experiences regarding the dynamics of the mentioned blast furnaces. The ultimate goal is to demonstrate that, even if it is an organization, improvements can be implemented for the sake of organizational processes and effectiveness.

Keywords: Charcoal. Blast furnaces. Pig iron. Quality management.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fluxo de materiais dentro do alto forno .....	12
Figura 2	Principais partes do alto forno .....	13
Figura 3	Vazamento de ferro gusa do alto forno .....	14
Figura 4	Disposição das cargas no interior do alto forno .....	15
Figura 5	Reações no interior do alto forno .....	15
Figura 6	Sistema de ventaneiras no alto forno .....	16
Figura 7	Plantação de eucalipto .....	20
Figura 8	Histórico: geração de finos .....	33
Figura 9	Principais fatores internos que contribuem para o aumento dos finos .....	34
Figura 10	Principais fatores externos que contribuem para aumento dos finos .....	35
Figura 11	Tabela 5W1H - Plano de ação para diminuição dos finos .....	37
Figura 12	Histórico: geração de finos antes e depois da implantação do plano sugerido .....	39



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
1.1	Justificativa	9
1.2	Objetivos	10
1.2.1	Objetivo geral	10
1.2.2	Objetivos específicos	10
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>12</b>
2.1	O alto forno	12
2.2	Matérias-primas	16
2.2.1	Minério de ferro	16
2.2.2	Carvão vegetal: o redutor	17
2.3	Produção do carvão vegetal Arcelormittal Bioflorestas	18
2.4	Floresta energética renovável de eucalipto	19
2.5	Eucalipto para fabricação de carvão vegetal	20
2.6	Qualidade do carvão vegetal para uso siderúrgico	21
2.6.1	Características físicas	21
2.6.2	Características químicas	22
2.6.3	Geração de Finos	22
2.7	Ciclo PDCA	24
2.7.1	Planejamento (P)	25
2.7.2	Coleta de dados	26
2.7.3	O plano de ação	26
2.7.4	Implementação e implantação (D)	27
2.7.5	Verificações (C)	27
2.7.6	Atuações corretivas (A)	28
2.7.7	Diagrama Causa-Efeito	28
2.7.8	Plano de ação (5W2H)	29
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b>	<b>29</b>
3.1	Área de estudo	30
3.2	Estrutura do trabalho	30
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DE RESULTADOS</b>	<b>31</b>

4.1	Estudo de caso .....	31
4.2	Informações técnicas .....	31
4.3	Aplicação das ferramentas de qualidade .....	32
4.4	Fase Plan .....	32
4.5	Plano de Ação 5W1H .....	36
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	40
	REFERÊNCIAS .....	41

## 1 INTRODUÇÃO

O estudo proposto neste trabalho busca apresentar a importância da diminuição dos finos do carvão vegetal usado na usina siderúrgica de Juiz de Fora, verificando as etapas do processo e apresentando melhorias para um maior controle na operação dos Altos fornos, bem como uma redução nos custos de fabricação do ferro gusa.

A implantação de dois (2) altos fornos para usina de Juiz de Fora se fez imprescindível para aumentar a competitividade da usina. Os altos fornos fornecem em torno 40% da carga metálica usada na Aciaria, o ferro gusa. Como esse ferro gusa é fornecido líquido, isso proporciona um baixo consumo de energia na aciaria, tornando o custo da usina de Juiz de Fora um dos mais baixos do grupo.

Ambos os altos fornos de Juiz de Fora têm como matéria-prima o carvão vegetal, carvão esse produzido por uma das empresas do grupo. O carvão representa 55% do custo do ferro gusa (ARCELORMITTAL, 2019).

Conforme a definição de Vergueiro (2002), a qualidade aplicada ao ambiente organizacional é um dos atributos de um produto ou serviço. A Norma Brasileira ABNT NBR ISO 9000 define qualidade como “grau no qual um conjunto de características inerentes satisfaz a requisitos” (ABNT, 2000, p. 7). Ou seja, para que um produto ou serviço tenha qualidade, é importante conhecer a quem ele se destina e qual a sua perspectiva. A qualidade de uma organização, portanto, dependerá do grau de satisfação de seus clientes com relação aos produtos ou serviços que ela oferece.

Para uma boa produtividade dos altos fornos e um ferro gusa de baixo custo, pretende-se no trabalho, aprofundar o entendimento, em ponto especial, acerca do alto teor de finos no carvão vegetal recebido. O estudo busca apontar as ferramentas da gestão da qualidade que possam indicar meios para baixar os finos e, assim ocasionar ganhos para operação e financeiros para empresa.

### 1.1 Justificativa

Movido pelo interesse de conciliar teoria e prática quanto à Administração e Gestão da Qualidade, este estudo propõe apresentar a importância da qualidade da matéria-prima em um processo de produção e atividades correlatas, em especial a retirada de carvão do forno de carbonização, carregamento, estocagem e

abastecimento dos altos fornos a carvão vegetal na Usina Siderúrgica da ArcelorMittal de Juiz de Fora/MG. O carvão vegetal é a principal matéria-prima dos altos fornos, representando 70% do volume de carga enforada. Ademais, o carvão tem um importante papel de permeabilizante da carga e poder energético muito alto. Por também ser uma energia renovável, ele, por muitas vezes, dita o custo final do ferro gusa. Pelo alto custo e pela importância no processo, exige cuidados especiais no manuseio e estocagem, os quais afetam as suas qualidades físicas e químicas, principalmente umidade e finos, comprometendo a operação dos altos fornos, aumentando consumo e diminuindo a estabilidade operacional. Os altos Fornos, em geral, por serem um equipamento ímpar e muito sensível às variações bruscas, exigem um controle rígido na qualidade da matéria recebida e enforada, que se torna cada vez mais importante e essencial para uma maior estabilidade operacional e controle térmico do processo como um todo.

Para tanto, a pesquisa empreendida envolve referências da Gestão da Qualidade para a menção de conceitos relevantes, os quais serão ampliados pelas vivências referente a dinâmica dos altos fornos mencionados. O foco maior é demonstrar que, ainda mais se tratando de uma organização, melhorias podem ser implementadas a bem dos processos e da eficácia organizacional.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Este estudo tem como objetivo principal apresentar a importância da qualidade do carvão vegetal na produção do ferro gusa, bem como evidenciar a aplicação do ciclo PDCA no processo como ferramenta de melhoria contínua em uma indústria siderúrgica localizada no município de Juiz de Fora – MG.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Por sua vez, os objetivos específicos deste trabalho são:

- Identificar os procedimentos utilizados para a produção do carvão vegetal,

desde o corte da madeira até o final do processo.

- Fazer uma abordagem teórica sobre o processo de fabricação do ferro gusa e evidenciar a importância da qualidade do carvão vegetal.

- Aplicar o ciclo PDCA como ferramenta de melhoria contínua no processo de produção do carvão vegetal.

- Aplicar o diagrama de Ishikawa e o plano de ação 5W 1H.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre aspectos teóricos e técnicos acerca do funcionamento do Alto Forno. Serão abordados os principais fatores relacionados à produção de carvão vegetal.

### 2.1 O alto forno

Segundo Araújo (1997), o alto forno é um reator térmico. As cargas são carregadas no topo, de forma que a carga sólida é descendente e os gases redutores, ascendentes. O alto forno funciona de forma contínua e seu funcionamento é ininterrupto por anos. O produto do alto forno é o ferro gusa, matéria-prima do aço.

O ferro gusa é o produto obtido a partir da redução de óxidos de ferro através dos elementos redutores (monóxido de carbono CO e gás hidrogênio – H<sub>2</sub>). Esse produto tem em sua composição de 90 a 95% de ferro e 3,0 a 4,5% de carbono e alguns elementos de liga.

A obtenção do ferro gusa e a formação da escória é descrita por Araújo (1997) da seguinte maneira:

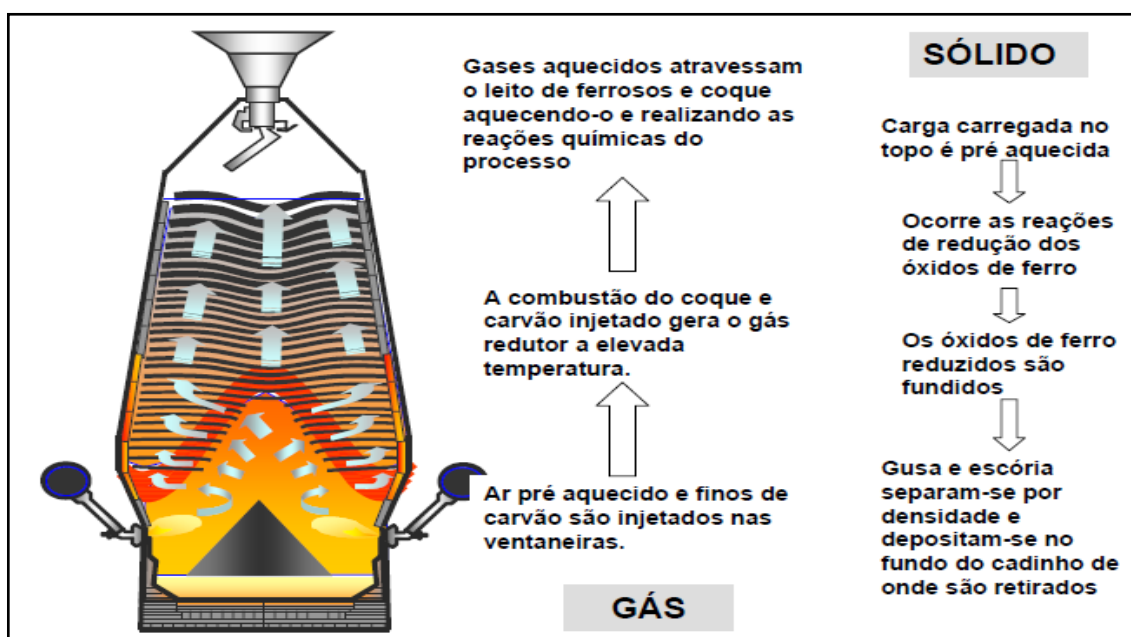
O ferro reduzido absorve carbono, é fundido e escorre para o cadinho na parte inferior do forno. O fluxo combina-se com as impurezas do minério e com as cinzas do carvão e forma uma escória que sobrenada o metal líquido do cadinho. Em períodos de tempo determinados o ferro-gusa, e a escória do alto-forno são vazados do cadinho pela casa de corrida (ARAÚJO, 1997, p. 164).

De acordo com o autor, o ferro gusa sai do alto forno no estado líquido a uma temperatura de aproximadamente 1.500°. O gusa é enviado para a aciaria, onde

passa por purificações e tratamentos para adquirir determinadas características e passar a se denominar aço.

A Figura 1 ilustra o fluxo de materiais dentro do alto forno até a obtenção do produto final (ferro gusa):

Figura 1 - Fluxo de materiais dentro do alto forno



Fonte: adaptado de Araújo (1997).

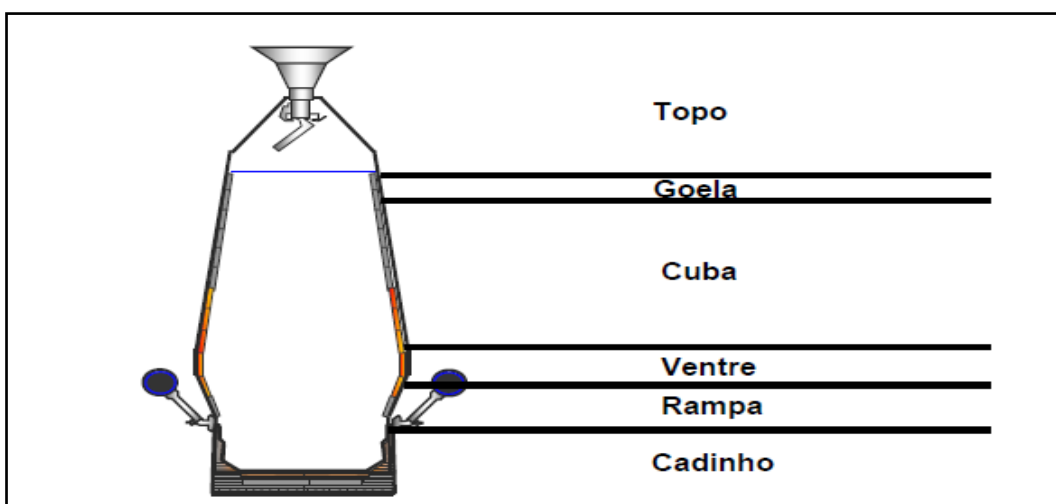
Conforme a definição de Araújo (1997), a estrutura do alto forno é dividida em topo, cuba, ventre, rampa e cadinho. Sobre cada um desses itens, tem-se o seguinte detalhamento:

- O topo é a parte superior do alto forno. Nessa parte, a carga compõe-se de minério, carvão e fundentes;
- A cuba é a maior parte do corpo do forno. É a região onde ocorrem as principais reações gás/sólido de redução;
- O ventre está situado logo acima da rampa. É por essa região que os gases se expandem e se distribuem;

- A rampa é a região acima das ventaneiras. Nessa região, ocorre a combustão do carvão. O formato físico da rampa contribui para a sustentação da carga no interior do forno;
- O cadinho é a parte onde o material líquido (gusa e escória) é depositado antes de ser vazado. Nesta região há presença de líquidos, sólidos e gases, com a ocorrência de algumas reações. No cadinho, o gusa e a escória se separam por diferença de densidade.

Para efeito de visualização, a Figura 2 ilustra as partes do alto forno:

Figura 2 - Principais partes do alto forno

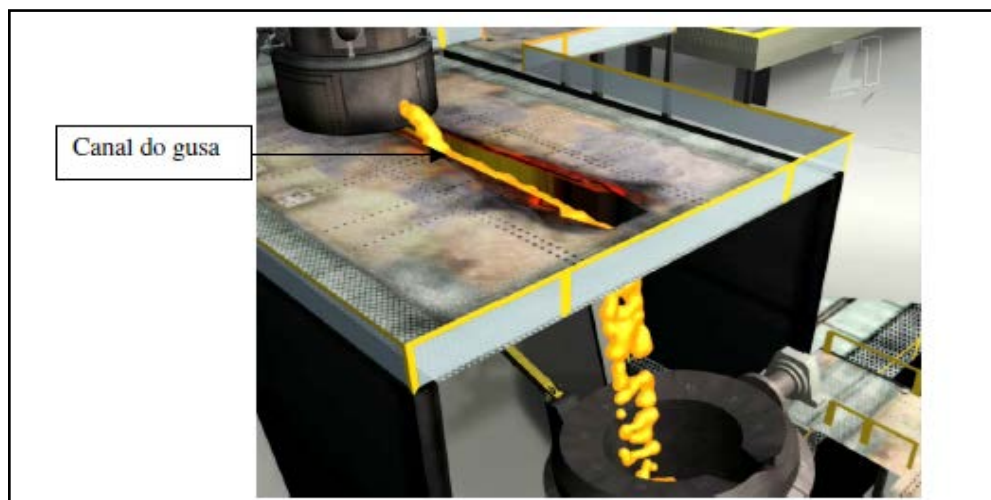


Fonte: adaptado de Araújo (1997).

O minério de ferro está disposto na natureza na forma combinada com outros elementos além do ferro. O ferro (Fe) é encontrado na forma oxidada e é extraído nesse processo de redução pelo alto forno. Os elementos que estão agregados ao minério de ferro que não seja o ferro na forma oxidada são considerados impurezas, sendo as mais comuns  $Al_2O_3$  (alumina), CaO (cal),  $SiO_2$  (sílica) e MgO (óxido de magnésio), as quais, fundidas, formarão a escória, que se dirige ao cadinho juntamente com o gusa. O carregamento dos fundentes no alto forno tem como objetivo adequar os componentes da escória. (ARAÚJO, 1997).

A Figura 3 apresenta o vazamento do ferro gusa através do canal de gusa até a panela.

Figura 3 - Vazamento de ferro gusa do alto forno



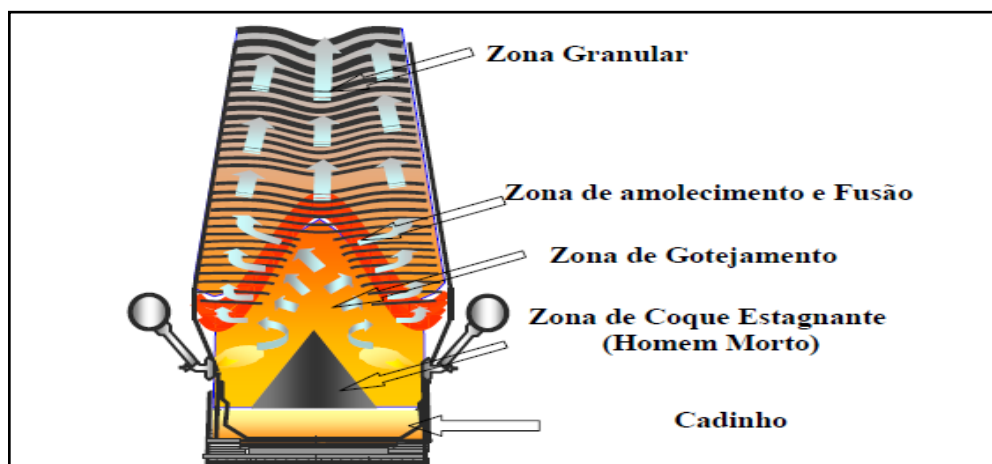
Fonte: Metalsider Ltda/ Z1 Motion (2010 *apud* Ribeiro (2011, p. 21).

No interior do alto forno, as cargas estão dispostas em camadas alternadas de carvão e carga metálica. Conforme as cargas se fundem, as camadas alternadas se estreitam, mas mantêm a distinção entre elas. Em frente às ventaneiras, o ar quente soprado promove a combustão do carvão, formando o gás CO e grande quantidade de calor. À medida que o gás sobe através da carga, esse calor é transferido para a mesma e ocorrem as reações de redução. (ARAÚJO,1997).

Para ilustrar as descrições trazidas, a Figura 4 mostra a disposição das cargas no interior do alto forno, enquanto a Figura 5 mostra as reações que ocorrem no interior do alto forno:

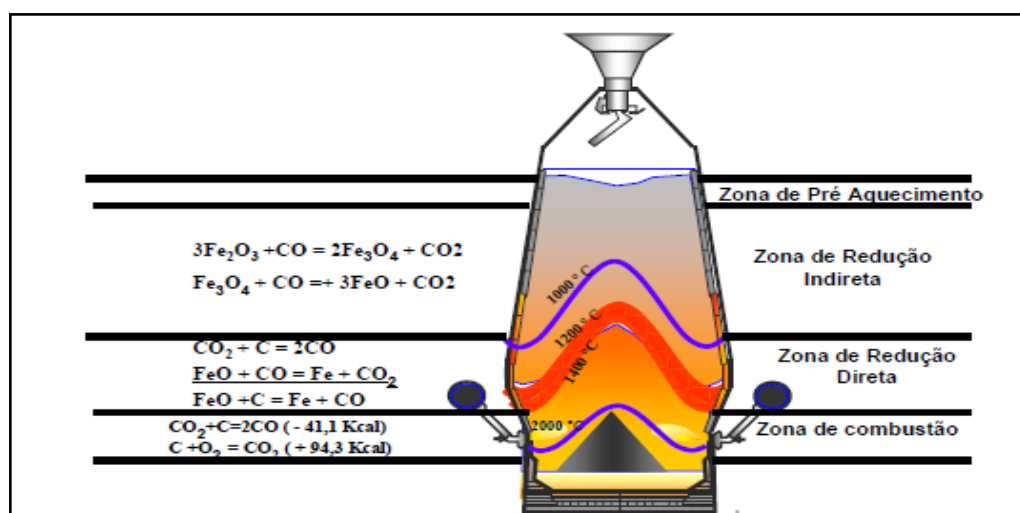


Figura 4 - Disposição das cargas no interior do alto forno



Fonte: adaptado de Araújo (1997).

Figura 5 - Reações no interior do alto forno



Fonte: adaptado de Araújo (1997).

O ar é injetado nos altos fornos através do turbo soprador, que tem o objetivo de capturar o ar da atmosfera e “soprar” esse ar a alta velocidade até o interior do alto forno através das ventaneiras. O ar injetado fornece o oxigênio, que é fundamental para que ocorra a combustão do carbono-reduzidor do carvão vegetal que será queimado. Os gases redutores em alta temperatura reagem com o oxigênio que está combinado com o ferro do minério. Na região mais inferior do alto-forno, os gases possuem temperatura de 2.000°C e irão fundir a carga metálica e a escória. (ARAÚJO,1997).

A Figura 6 mostra o sistema de ventaneiras, por onde o ar já pré-aquecido é injetado na parte inferior do alto forno:

Figura 6 - Sistema de ventaneiras no alto forno



Fonte: Metalsider Ltda/ Z1 Motion (2010 *apud* Ribeiro (2011, p. 21).

## 2.2 Matérias-primas

Para produção do ferro-gusa em alto-forno, são necessárias duas matérias-primas básicas: o minério de ferro e o carvão vegetal. Além dessas, são utilizados fundentes (Quartzo, Calcário, Dolomita, etc.) e sucata.

### 2.2.1 Minério de ferro

O tipo mais comum de minério de ferro encontrado na natureza é a Hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Também são encontrados outros tipos como a Magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), a Goethita ( $\text{FeO}\cdot\text{OH}$ ), a Pirita ( $\text{FeS}_2$ ), a Siderita ( $\text{FeCO}_3$ ) e a Ilmenita ( $\text{FeTiO}_2$ ).

Segundo Araújo (1997), a siderurgia segue uma rigorosidade quanto às características químicas e físicas da matéria-prima, quais sejam granulados e aglomerados. São exigidos produtos com elevado teor de Ferro, acima de 64%, e baixo teor de impurezas, principalmente: P,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , S e álcalis ( $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{Na}_2\text{O}$ ), que influenciam na qualidade do aço e/ou ferro fundido.

Antes de ser enornado, o minério de ferro é beneficiado. O beneficiamento compreende as operações que tornam o minério mais adequado para a utilização nos

altos fornos. Estas operações são: o peneiramento, a classificação, a pesagem e a secagem.

Segundo Santos (2007), para atender a utilização em alto forno, o minério em geral possui composição química de pelo menos 64% de Ferro e granulometria de 8 a 25mm. Valores inferiores a estes prejudicam a boa performance do reator. Minério de tamanho menor melhora a redutibilidade, contudo o excesso de finos na carga do alto forno torna a permeabilidade baixa, ou seja, prejudica a passagem dos gases por entre as cargas. Em conclusão, deve-se ter o controle do minério quanto a obter um tamanho máximo em termos de redutibilidade e um tamanho mínimo em termos de permeabilidade. A resistência à degradação também deve ser avaliada, pois, por intermédio do manuseio, pode apresentar baixa crepitação, que é a tendência dos minérios de produzir finos quando submetidos ao aquecimento.

A secagem do minério de ferro proporciona ganho da eficiência de peneiramento, pois permite que os finos se soltem da superfície das partículas do minério.

### 2.2.2 Carvão vegetal: o redutor

Os altos fornos da ArcelorMittal Juiz de Fora utilizam como combustível o carvão vegetal. O carvão vegetal, por sua vez, de acordo com Jacomino *et al.* (2002), tem como função fornecer calor para a combustão, fornecer carbono, que é o principal elemento de liga do ferro gusa, de forma indireta, além de fornecer o próprio carbono para a redução dos óxidos de ferro. O carvão vegetal é fonte de carbono, sendo proveniente da carbonização da madeira com um teor de carbono fixo entre 56% e 75%.

O carvão também tem a função de dar suporte à carga, criando espaços apropriados de modo a garantir um bom escoamento dos gases e dos materiais fundidos. Para conseguir essa função, Araújo (1997) define que o carvão apresente baixa reatividade e alta resistência física de forma que não se degrade à medida que se desce do topo até a zona inferior do forno.

Da mesma forma que o minério de ferro tem que ser preparado antes de ser enforado, o carvão vegetal é também preparado. Ao chegar à usina, o carvão vegetal

é estocado em silos de armazenamento. E quando é retirado, o mesmo é peneirado antes de ser enfiado para visar eliminar os finos.

### **2.3 Produção do carvão vegetal ArcelorMittal Bioflorestas**

O estudo desenvolvido neste trabalho adota a produção de carvão vegetal a partir de florestas renováveis pertencente à ArcelorMittal BioFlorestas, empresa do Grupo ArcelorMittal. São florestas renováveis de eucalipto situadas no estado de Minas Gerais abrangendo 16 municípios, distribuídos em quatro regiões administrativas. Suas sedes administrativas estão instaladas em municípios mineiros de Martinho Campos, Carbonita, Dionísio e Juiz de Fora.

Na ArcelorMittal Bioflorestas, empresa onde ocorre a produção de carvão vegetal nas unidades produtoras de energia (UPE). Segundo Brito (1990), o nome carvoaria é o local onde se situam os fornos e as operações que abrangem as atividades de recebimento e envio da produção do carvão vegetal. A carbonização é o método de mudança da madeira em carvão (VITAL; PINTO, 2011)

Existem diferentes formas de carvoaria para a obtenção de carvão vegetal. Na ArcelorMittal Bioflorestas, são aplicadas tecnologias que foram projetadas para diminuir os impactos sociais, ambientais e aumentar a eficiência.

Segundo Frederico (2009), o processo de produção de carvão vegetal se inicia no corte da madeira na unidade produtora e sequencialmente levado para o pátio de estocagem onde se inicia o processo de perda de umidade no pátio.

A carbonização está inteiramente ligada ao grau de temperatura do forno juntamente com a entrada de ar para a queima parcial de voláteis da madeira facilitando a entrada de energia para o processo, podendo ocorrer, então, a degradação total ou parcial da madeira, bem como o banimento de componentes voláteis (SAMPAIO, 2008).

Conforme Sampaio (2008), a madeira seca possui valor energético de aproximadamente 900kJ/kg. Já o carvão vegetal, após carbonizado à temperatura máxima de 400°C, pode gerar um poder calorífico próximo de 1690kJ/kg e o carbono fixo de aproximadamente 75%. A carbonização é responsável por reunir todo volume disponível de energia da madeira.

Estudos comprovam que a utilização de finos de carvão vegetal na injeção em alto forno contribui para ganhos ambientais e comerciais com essa técnica (MACHADO, 2009).

#### **2.4 Floresta energética renovável de eucalipto**

A partir da década de 1960, devido a ações de incentivos fiscais do Governo Federal, surgiram os primeiros grandes plantios de florestas renováveis para a produção de carvão, sendo o eucalipto o principal plantio dessa fonte.

Inicialmente, o governo isentava as usinas siderúrgicas em 50% do imposto de renda desde que essas evidenciassem investir na formação de plantações florestais. Nesse sentido, foi criado o fundo de Financiamento Setorial (FISSET), o qual fornecia condições adequadas em termos de custo do crédito, limites de pagamentos e avalizava em relação ao mercado (MENDES, 2004; MONTEIRO, 2006; VITAL; PINTO, 2011).

Com a crise do petróleo das décadas de 1970 e 1980, abordaram-se estudos para novas formas de obter fontes alternativas de energia no Brasil. A esse respeito, Brito (1990) destaca que diversas sugestões nasceram para o uso alternativo de fontes energéticas novas e renováveis, sendo a biomassa o destaque potencial energético, findando, então, o lançamento do PRÓ-ALCOOL.

A principal fonte utilizada para a produção do carvão é o eucalipto. O Brasil é o maior produtor do mundo (STCP, 2012), porém, em área plantada, ocupa a 6ª posição (FAO, 2010). Com novas políticas de incentivos fiscais como programas de fomentos, linhas de financiamento e crédito, as áreas de florestas plantadas no Brasil aumentaram. A Figura 7 ilustra esse cenário:

Figura 7 - Plantação de eucalipto



Fonte: ArcelorMittal Bioflorestas.

## 2.5 Eucalipto para fabricação de carvão vegetal

Recentemente, as classes de espécie de eucaliptos incidem nas mais empregadas para a fabricação de carvão vegetal, principalmente no estado de Minas Gerais, onde suas particularidades de acelerado desenvolvimento e densidade apreciáveis, conforme destaca a literatura sobre o tema, proporcionam um carvão simplesmente renovável e de boa qualidade. As principais classes de eucaliptos utilizadas no Brasil são para o cultivo de florestas energéticas. Assim, conforme apontam Dossa *et al.* (2002), a fertilidade do eucalipto, oferecido o seu rápido desenvolvimento, pode ser analisada como um dos principais fatores que determinaram sua ampliação no negócio de papel, carvão, celulose e, mesmo, para serraria. Apesar de a fertilidade média anual, estimada em torno de 35 m<sup>3</sup> por hectare, consistir em relatividade baixa, se for aplicada boa técnica, lavouras vivem com uso de eucaliptos mais adaptados que abordam ganhos pertos de 60 m<sup>3</sup>/ ano. Como destaque, as áreas de florestas inseridas com eucalipto no Brasil acumularam, em 2008, o total considerado de 4.259 hectares, projetando um aumento de 7,3% em relação a 2007 (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas –

ABRAF, 2009). As classes dessa espécie, colocadas no Brasil para fins de reflorestamento, oferecem um período de corte relativamente curto e com alta produtividade (SCHUMACHER; POGGIANNI, 1993).

Perante tanta variabilidade natural dentre as populações, acredita-se na descoberta de apreciáveis modificações genéticas dentre árvores para as características da madeira nas múltiplas classes de Eucaliptos, como indica Malan (1995). As instruções de benefício das principais companhias do âmbito visam a incluir a produtividade dos clones plantados, somada à qualidade da madeira, a fim de alcançar uma produção ajustada às reivindicações tecnológicas da siderurgia. Os avanços em benefício genético e em métodos de silviculturas ao longo de várias décadas admitiram lucros abundantes nas plantações industriais do eucalipto no Brasil (BRITO; BARRICHELO, 2006).

## **2.6 Qualidade do carvão vegetal para uso siderúrgico**

### **2.6.1 Características físicas**

Pode-se assegurar que as propriedades físicas mais respeitáveis para a operação do alto forno são a granulometria, densidade e a resistência mecânica, com esta última influenciando inteiramente sobre a friabilidade do carvão vegetal.

O tamanho médio e a granulometria são fatores capitais na carga no interior de um alto forno. Existem indicações de que o tamanho do carvão carece ser três vezes em relação ao do minério para facilitar a máxima passagem dos gases sem ameaça de fluidização do redutor. Em altos fornos de grande porte, para assegurar uma melhor carga possível, o tamanho médio do carvão vegetal usado precisa ser o maior do que o utilizado em fornos de menor porte (ASSIS *et al*, 1982; MATOS, 1976).

A densidade do carvão vegetal é um fator que cada vez está piorando mais devido às matas de eucaliptos clones. Esse fator tem sido destacado como estando diretamente relacionado à baixa produção do alto forno. Dentro deste próprio estudo, aceitam-se bem seus domínios, destacando-se, especialmente, que o carvão vegetal, também mais pesado, acende em maiores períodos de residência mecânica do carregamento de minério de ferro na parte interna, onde acontece reserva térmica do alto forno. Uma implicação acarretada é a de que, para um tipo próprio de carga de minério, a granulometria mínima de carbono será normalmente adquirida. Assim

sendo, não existindo estragos às diversas características, o peso do carvão vegetal necessita ser o máximo possível (ABM, 1975).

### 2.6.2 Características químicas

Entre as particularidades químicas mais admiráveis apontadas na qualidade do carvão vegetal para uso em Altos fornos, observam-se, separadamente, a umidade, a composição química e a reação.

No âmbito da umidade, é amplamente popular que o seu preceito no carvão vegetal precisa ser o mínimo aceitável para o uso em alto forno. Uma das razões é que a maior parcela da água introduzida ao carvão vegetal é extinguida na parte do Alto forno no formato de vapor. Essa evaporação incide na chegada da goela do alto forno, onde a água é evaporada pelos gases em alta temperatura nativos das reações processadas na parte interna daquele. Nessa configuração, quanto mais água permanecer no carvão vegetal, maior será a temperatura dos gases, para a evaporação da água. No coque mineral, há citações de que, para cada 1% de água, ocorre, em média, uma diminuição de 6 % na temperatura do gás (MATOS, 1976).

Na conjuntura atual, dois resultados necessitam surgir no uso de carvão vegetal com exagero da umidade. Um deles, certamente, será o aumento no consumo do carvão, porque a citação do episódio de alguma proporção das reações de ignição corta o fornecimento de temperatura. A segunda e não menos importante implicação será a obrigação do avanço da temperatura do ar das ventaneiras para, assim, contrabalançar a redução de temperatura no interior do alto forno. Essas ações precisam transformar as intranquilidades em condições e efeito positivo, aumentando, assim, a produtividade do alto forno.

### 2.6.3 Geração de Finos

Fino é todo particulado de carvão com granulometria abaixo de 9,52 mm extraído no processo de preparação de carga dos altos fornos na Usina Juiz de Fora. Essa é uma particularidade do alto forno dessa usina, pois ela opera com dois altos fornos de médio porte para garantir uma maior permeabilidade dos gases no interior desses.



A geração de finos de carvão vegetal pode ser causada por diversos fatores, mais especialmente na retirada dos fornos de carbonização e no carregamento das carretas. Ademais, por último, na estocagem da usina, o carvão também sofre uma degradação, aumentando os finos (ARCELORMITTAL, 2019).

Os finos do carvão consistem em um problema para o alto forno e também para o resultado absoluto do método. Uma parte dos finos provavelmente não chegará a ser aplicada ao processo, diluindo-se nas fases de condução e manejo. Em um alto forno, a origem dos finos atenua demais a permeabilidade da carga, diminuindo a produção e afetando diretamente a operação do equipamento.

A água retida na madeira a ser carbonizada interfere diretamente na geração de finos. Quanto mais água houver na madeira, maior será a concentração de finos agregados pelo carvão produzido, sendo esta consequência obtida por um método chamado de tamboramento, usando-se um tambor de 30 cm e incluindo uma madeira com muita água e umidade.

O tamanho da madeira também pode influenciar diretamente na origem de finos como verificado por Oliveira *et al.* (1989), contudo não tem nenhuma explicação desse fenômeno que se faz presente. Além de que, deve-se explorar uma madeira com um maior tamanho por esta estar coligada diretamente na passagem do vapor de água ao evaporar, aumentando, assim, a pressão de água depois do aquecimento, abrindo uma trinca por onde sairá todo o vapor. Depois da formação da trinca, chegaria, então, a construção de finos depois dos conflitos. Esses conflitos estão ligados diretamente à fragilidade da madeira.

Por sua vez, Oliveira, Gomes e Almeida (1982) comentam que a maior influência na formação de trincas é o diâmetro da madeira, formado durante a carbonização. A parte central da madeira é impermeada com uma resina orgânica. No seu entorno, essa camada é menor. Sempre no aquecimento da madeira, sua extremidade consegue perder a umidade mais rapidamente que o centro, influenciada pelo transporte do calor, que sempre se inicia nas extremidades indo para o centro, já que no centro tem-se uma maior impermeabilidade, que impede a saída da água. Nessas condições, quando se aumenta a temperatura, isso incide no acréscimo da pressão da água até a rescisão das fibras da madeira e a concepção das trincas. Quase a totalidade dos autores que versam sobre o tema sugere, então, a utilização de madeiras com um ciclo de vida menor, evitando, assim, que haja uma formação de

um centro impermeabilizado extremamente amplo.

## 2.7 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é uma metodologia por meio da qual tende-se a dominar e a alcançar resultados eficazes e confiáveis nas operações de uma empresa. Consiste em um competente método para proporcionar melhorias em todo processo. Ademais, unifica os processos do domínio da qualidade, evitando falhas racionais em todas as análises, além de tornar o entendimento das informações fácil. É usado também para promover a mudança para um hábito de buscar sempre a melhoria contínua (AGOSTINETTO, 2006).

O PDCA apresenta-se como um ciclo extremamente adequado para uma solução bem assertiva aos problemas. Ele consiste em conseguir progressos em etapas, podendo reproduzir o ciclo por quantas vezes se considerar conveniente até que se atinja a solução sustentável dos problemas (SHIBA; GRAHAM; WALDEN 1997).

As etapas do PDCA são:

- Plan (Planejamento): incide na afirmação das metas ou escopo a ser adquirido e da técnica (plano) a se chegar para alcançar os objetivos.
- Do (Cumprimento): é a parte onde se age nas explicações do escopo e do plano. Nesse ciclo, pretende-se que, juntos, os envolvidos percebam e cheguem a um acordo sobre o sugerido ou definido.
- Check (Constatação): essa etapa é iniciada logo após a efetivação. Nela, precisarão ser confrontados os dados adquiridos com a meta delineada, bem como se faz necessário saber se se está em direção apropriada ou se se conseguirá atingir a meta tal como foi traçada.
- Action (Atuação): nesse estágio, realizam-se as mudanças no plano acertado visando a atingir os eventos. Campos (1996) descreve a influência em metodologias que devem ser executadas em uma combinação com a metodologia PDCA para, dessa forma, alcançarem-se os escopos imprescindíveis para a empresa permanecer viva no mercado.

### 2.7.1 Planejamento (P)

Planejar é indicar sempre um caminho para atuação e definir, o quanto antes, o que precisará ser realizado. O plano ideal busca analisar a fundo o futuro onde as deliberações e as futuras ações do plano apontam para atuar, apoiado quanto ao caminho do fluxo no qual os planos são organizados (MEGGINSON; MOSLEY; PIETRY, 1986).

O plano é o alicerce básico da inauguração de um processo da qualidade, constituindo-se como uma etapa que aumenta a interconexão com a armação conceptual da qualidade para, de um lado, alcançar sempre as metas da empresa e, de outro, executar as ações e metodologias propostas, aplicando os conceitos para viabilizar e facilitar a aquisição das metas.

Com isso, o ato de assegurar a verdadeira estrutura de um plano está ligado ao episódio de todo o método de fundação e prática do Princípio ou Programa da Qualidade (PALADINI, 1997).

Segundo Megginson, Mosel e Pietry (1986), a finalidade fundamental do plano é municiar os programas para que estes possam ser usuais para acrescentar as conveniências a fim de incidir objetivos futuros e escopos, isto é, adicionar as oportunidades de aceitar as melhores deliberações hoje que dissimularão a performance do amanhã. Os autores afirmam ainda que existem duas razões para dispor um plano: (1) “melhoramentos benfeitores”, resultantes das estações comprimidas para não se errar no ato da tomada de decisão; e (2) “adições positivas”, sob a configuração do máximo acontecimento em alcançar os escopos empresariais.

No âmbito dessa fase, a quantidade de dados é essencial para assimilação e restrição da dificuldade. Nessa etapa do plano, necessita-se assinalar as providências que serão adotadas em coerentes com as ocasiões e precisões de progressos, escopos/objetivos.

### 2.7.2 Coleta de dados

Coletar informações presume adquirir informações e processar a importância de cada item com base em informações, e não em simples apreciação de um todo. Essa tarefa deve ser realizada por pessoas, sempre muito bem instruída (FALCONI, 1996).

A etapa mais complexa do processo e a resolução de uma dificuldade, ou de observação, em uma visão geral, implica a quantidade de informações. Se não for concretizada perfeitamente, afetará toda a apreciação dos elementos (OLIVEIRA, 1996).

De modo também metódico admissível, será necessário recolher as informações, bem como, por várias vezes, realizar novamente o trabalho. Esse não é um serviço impraticável ou de custo restritivo (OLIVEIRA, 1996).

### 2.7.3 O plano de ação

O plano de ação é um documento que, de forma preparada, orienta e identifica as providências que necessitam ser adotadas para, assim, adaptar os elementos nos quais se encontra alguma não conformidade, ao mesmo tempo, os responsáveis para execução do plano, entre outros aspectos. Muitos o consideram um instrumento de uso gerencial e aplicado, impecavelmente, na rotina das equipes de refinamento do plano e direção de todas atividades (FIEG; SENAI, 2002 apud OLIVEIRA, 1996).

Quando se pensa em formatar um plano, sempre será indispensável realizar reuniões continuamente com toda a equipe. Sempre se vai atuar na causa raiz, e não em cima dos efeitos. Destarte, consiste em um planejamento de ações bem constituído, sempre agindo sobre as causas principais (FALCONI, 1996).

O plano de ação deve ser muito bem elaborado a fim de admitir, o mais rapidamente possível, a identificação das informações imprescindíveis para realização do projeto (OLIVEIRA, 1996). Ademais, deve-se utilizá-lo para nortear os recursos pensando sempre em resolver os problemas, priorizar ações, indicar os responsáveis e constatar a execução das tarefas (FIEG; SENAI, 2002).

### 2.7.4 Implementação e implantação (D)

Implantar é sinônimo de precisar, determinar. Implementar é pôr em prática, realizar implemento a um plano, programar ou projetar, induzir a método por intermédio de providências sólidas (FERREIRA, 1999)<sup>1</sup>. A prática de princípios da

---

<sup>1</sup> FERREIRA, A. B. de H. **Novo Aurélio Século XXI**: o dicionário da língua portuguesa. 3. ed. rev. e

característica em uma corporação é um procedimento que necessita ser avaliado cada caso separadamente. Toda corporação contém suas propriedades oportunas e, no princípio, necessita harmonizar a atmosfera disponível. O princípio fundamental é a propensão para a mudança de conduta da corporação, contudo é necessário preservar a identidade e a identificação da corporação (CHAVES, 1997).

Nesse sentido, algumas características comuns para a inauguração e prática do código ou princípio da característica são as seguintes (CHAVES, 1997):

- Conscientizar a administração da corporação;
- Constituir alguma política de qualidade;
- Aumentar alguma estrutura de trabalho para gerenciar a qualidade com alianças de controle e grupos de ação;
- Aplicar treino de motivação do pessoal;
- Levantar os gastos da não conformidade;
- Montar um planejamento para acompanhar as ações;
- Agir nas etapas onde as falhas são constantes ou apresenta um problema na qualidade;
- Acertar as questões onde apresenta excesso de falha;
- Planejar auditorias internas para avaliar, medir e revisar diariamente o andamento das ações implantadas.

#### 2.7.5 Verificações (C)

Nesta etapa, examina-se se aquilo que fora planejado foi obtido de forma sólida por meio de uma checagem comparativa entre as metas almejadas e os resultados logrados. Em geral, lança-se mão das ferramentas de controle e acompanhamento (MARSHALL, 2006).

Se o plano (P) e a inauguração/prática (D) estiverem preenchidos corretamente, os atos do plano de ação serão satisfatórios para o alcance das metas desejadas.

Contudo, sempre se deve efetivar a comprovação (C) a fim de assegurar se as metas estão sendo alcançadas (FALCONI, 1996).

### 2.7.6 Atuações corretivas (A)

Para essa etapa, duas opções se apresentam. Uma delas implica procurar as origens principais com o intuito de, nesse sentido, antecipar a reprodução de resultados não desejados caso não se consiga alcançar aquelas metas delineadas. Na segunda, receber quando o exemplo, o plano da primeira etapa, agora que as metas delineadas estão adquiridas (MARSHALL, 2006).

Sempre que se criar uma ação corretiva, será necessária a apreciação recorrente das falhas na característica do produto (CHAVES, 1997). A apreciação dessas falhas características pode determinar a ponderação do princípio da qualidade para assim, antecipar repetições das mesmas falhas (CHAVES, 1997).

### 2.7.7 Diagrama Causa-Efeito

O Diagrama de Causa e Efeito, conhecido também como Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Espinha de Peixe, é uma ferramenta de análise de processos e também uma das 7 ferramentas da qualidade. Ele foi criado em 1943 pelo Dr. Karou Ishikawa, um engenheiro químico. O diagrama foi desenvolvido com a finalidade de representar a analogia entre um “efeito” e suas possíveis “causas”. Essa técnica é empregada para encontrar, organizar e abreviar os conhecimentos de um grupo a respeito das possíveis causas que contribuem para um determinado efeito.

Um dos valores dessa ferramenta é sua habilidade de trabalhar com diversos pontos de vistas, partilhando o conhecimento comum sobre o problema e estimulando que os componentes da equipe considerem o sintoma e as prováveis causas de um problema como parte de todo um sistema que induz ao pensamento sistêmico (TUBINO, 2000).

### 2.7.8 Plano de ação (5W2H)

É uma metodologia muito simples que agiliza todos os processos de uma empresa. Ou seja, se tempo se constitui em dinheiro, a empresa pode ganhar ainda mais dinheiro com a planilha 5W2H. Além disso, em um mercado altamente competitivo, a falta de planejamento de ações e processos pode gerar inúmeros

prejuízos, além de perda de vantagem competitiva. Com isso, o uso dessa ferramenta está cada vez mais comum entre as empresas, onde os dados são compilados e definidos metas e nomes dos responsáveis por executar e acompanhar as ações do plano de ação. (OLIVEIRA, 1996).

Na planilha 5W2H, não foram informados valores de cada ação por se tratar de dados confidenciais e não ter sido autorizado a divulgação pela empresa.

### **3 METODOLOGIA**

Para Goldemberg (1997), trabalhos que não se preocupam com representatividade numérica, e sim com o aprofundamento do entendimento de um grupo social de uma organização, trata-se de pesquisa de enfoque qualitativo. Como exemplos desse tipo de estudo, tem-se a pesquisa bibliográfica, o estudo de caso, a pesquisa documental, entre outros.

Nesse sentido, este trabalho se caracteriza como um estudo de caso, pois, de acordo com Fonseca (2002), fica caracterizado como estudo de uma instituição devidamente definida como um programa, uma instituição, um sistema educativo, uma pessoa, ou uma unidade social.

O estudo foi realizado em uma empresa do ramo siderúrgico localizada na cidade de Juiz de Fora – MG. Para desenvolver este trabalho, foram programadas visitas nas UPE (unidades produtoras de energia) a fim de se avaliar melhor a rotina da produção movimentação e estocagem do carvão vegetal produzido. Foi realizado acompanhamento para garantir se todos os procedimentos estavam sendo executados de forma correta. Durante o acompanhamento, foram realizadas entrevistas visando a conhecer o trabalhador e identificar se os procedimentos estavam sendo seguidos de forma correta, pois é onde se obtém excelência na qualidade da produção. Também foram feitos registros fotográficos para se analisar a forma de trabalho do profissional junto à UPE.

#### **3.1 Área de estudo**

O estudo de caso será realizado na usina siderúrgica da ArcelorMittal Juiz de

Fora, localizada no distrito industrial de Dias Tavares no município de Juiz de Fora/MG, pertencendo ao segmento de Aços Longos do grupo. A unidade dedica-se à produção de aços longos e trefilados, atendendo aos setores da indústria mecânica e principalmente o da construção civil, utilizando como principais matérias primas a sucata e o ferro gusa. A seguir, resume-se o processo empregado na usina.

A usina é composta por dois altos fornos administrados pela Gerência de Redução, os quais são responsáveis pelo fornecimento do ferro gusa para a Aciaria, que conta com um Forno Elétrico à Arco, um Forno Panela e uma Máquina de Lingotamento Contínuo com cinco veios. A unidade conta, ainda, com os setores da Laminação, Trefilaria, Engenharia, Recursos Humanos, Suprimentos, Logística, uma Estação de Tratamento de Água e uma de Distribuição de Energia Elétrica, além de outras gerências com caráter administrativo/executivo.

Os principais produtos fabricados são vergalhões em rolo e em barra, pregos, arames recozidos, telas, treliças, fio máquina, cantoneiras, além de barras redondas, quadradas e chatas. A capacidade de produção gira em torno de 1 milhão de toneladas de laminados e 380 mil toneladas de trefilados por ano.

### **3.2 Estrutura do trabalho**

Este trabalho possui 5 capítulos, os quais estão dispostos conforme a organização descrita a seguir.

O capítulo 1 é a introdução do estudo, sendo subdividida em:

- Análise do tema;
- Justificativa;
- Objetivos geral e específicos.

No capítulo 2, detalha-se o referencial teórico, que foi a base utilizada para a elaboração do estudo sobre a importância do carvão vegetal na produção de ferro gusa sugerida neste estudo de caso.

No capítulo 3, é apresentada a metodologia, área de estudo e estrutura do trabalho.

Já no capítulo 4, é apresentada a pesquisa realizada, bem como os resultados



obtidos, as análises e as sugestões trazidas. Foi utilizado o software Office Excel para confecção das planilhas e o Paint para formatação das imagens.

Por fim, o capítulo 5 expõe as considerações finais do estudo da importância do carvão vegetal, além de sugestões de melhoria a serem realizadas.

## **4 ANÁLISE DE RESULTADOS**

### **4.1 Estudo de caso**

Neste capítulo, descreve-se a atividade desenvolvida na recepção de carvão vegetal na área dos altos fornos, empresa ArcelorMittal Juiz de Fora.

O objetivo principal deste trabalho consiste em propor sugestões para ganhos de eficiência do equipamento e, conseqüentemente, economia para a empresa, fomentando a aplicação de técnicas visando à diminuição da geração de finos de carvão vegetal, uma vez que este é prejudicial à produtividade do alto forno.

O alto forno, onde o estudo foi realizado, é uma área pertencente à empresa ArcelorMittal Juiz de Fora. A decisão de iniciar o estudo de verificação das condições atuais dos finos de carvão recebido pela usina da ArcelorMittal Juiz de Fora tem como objetivo identificar os problemas da alta geração de finos de carvão e buscar soluções para melhorar a condição atual. Dessa forma, identificando os problemas e sugerindo as correções necessárias, há uma tendência de diminuição do finos de carvão, o que leva a uma maior produtividade do reator e economia para a empresa.

### **4.2 Informações Técnicas**

No interior de um alto forno, o carvão com alto teor de finos carregado é depositado no topo do forno, ou seja, na parte superior da zona granular. Isso faz com que a permeabilidade do alto forno seja comprometida, pois dificulta a passagem dos gases que estão subindo do alto forno. Quando tal fato acontece, ocorre de forma negativa a eficiência das trocas térmicas da zona granular.

Com o maior controle do enformamento do teor de finos de carvão, ocorre ganhos significativos para o desempenho operacional do alto forno.

### **4.3 Aplicação das ferramentas de qualidade**

O estudo de caso de um PDCA de melhoria contínua foi realizado na empresa do setor siderúrgico, onde se iniciou um trabalho de gestão de melhoria de controle da geração de finos de carvão.

O presente trabalho define as metas de melhoria do PDCA para redução do finos de carvão vegetal, sendo apresentada a condução de cada fase necessária.

#### **4.4 Fase Plan**

Para começar o trabalho, deparou-se com um problema/ uma melhoria a ser resolvida /realizada pelo PDCA, que é a redução do fino no carvão vegetal usado pela usina de juiz de fora, sendo esses finos 30% maiores comparados ao volume médio líquido das carretas recebidas conforme se verifica na Figura 8. Perante a situação atual do problema/ melhoria, foi definido o envolvimento de interessados na a fim de se obter a melhor solução para as partes, observando as três partes de uma meta: objetivo gerencial, prazo e valor.

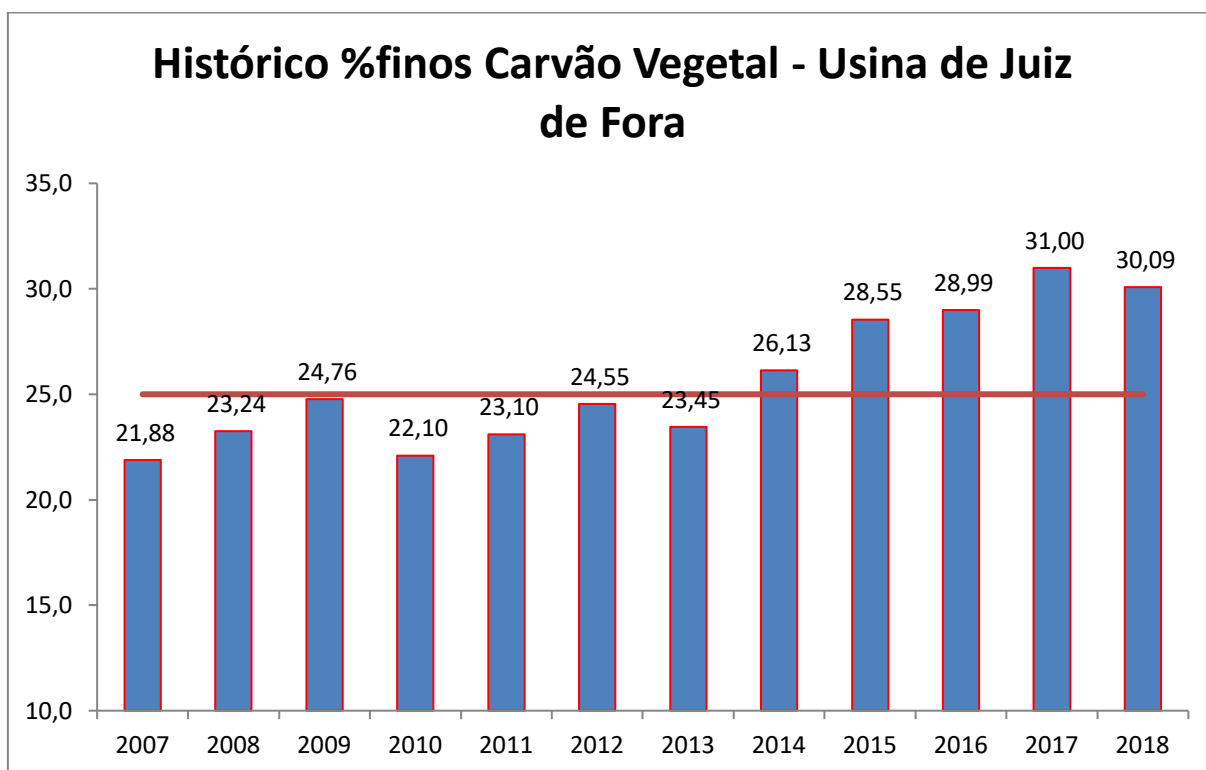
A meta traçada foi definida de a seguinte reduzir o fino recebido pela usina para, no máximo, 25% do volume médio líquido das carretas recebidas. Atualmente, o fino médio recebido está em médio de 30% como mostrado na Figura 8, valor este registrado em 2016 até dezembro 2018.

Em um diagnóstico de fenômeno, as amostras do carvão vegetal recebido pela usina correspondem a aproximadamente 100% da expedição total carvão utilizado: Para elaboração da meta respeitou se valores contratuais entre cliente e fornecedor.

Fornecedor entrega o carvão com 18% de finos.

Usina tem uma quebra interna 7% de finos.

Figura 8 - Histórico: geração de finos



Fonte: elaborada pelos autores.

Como apresentado na Figura 8, a partir de 2014, houve um aumento de finos recebido pela usina chegando em 2017 com 31% recebidos pela usina. De 2007 até 2013, a produção de carvão vegetal era toda produzida manualmente. Em 2014, ocorreu uma mudança no processo produtivo de carvão vegetal, por meio da qual toda produção passou ser totalmente mecanizada.

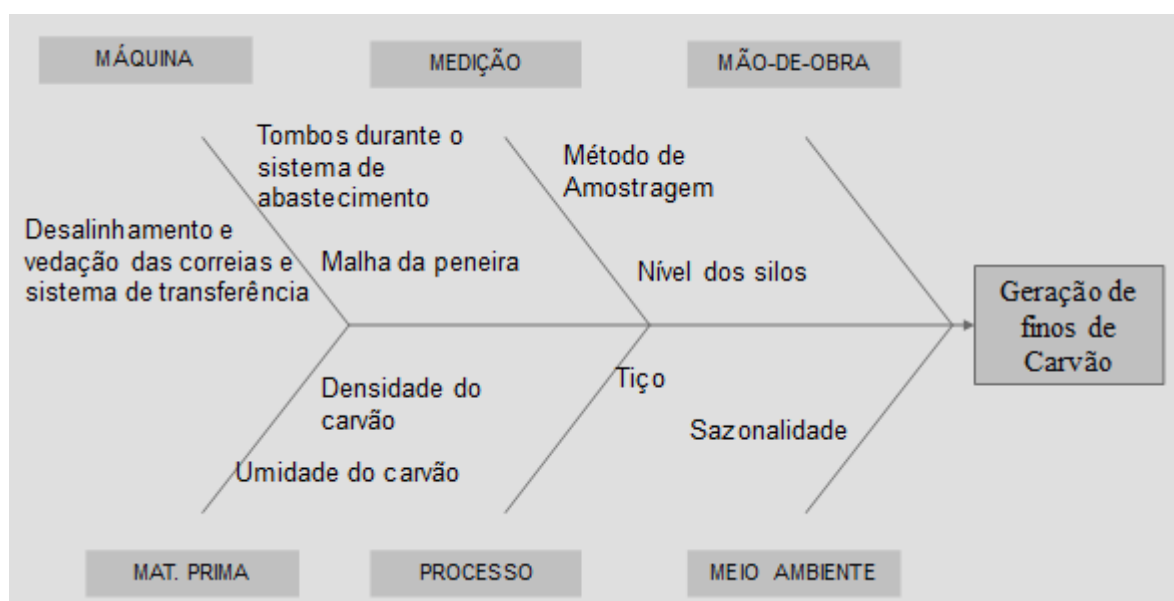
Nesse sentido, elaborou-se um levantamento e análise de todo processo. Assim, foram mapeadas e direcionadas as principais causas e priorização destas com o objetivo de bloquear as causas que verdadeiramente impactariam na meta proposta, objetivando um plano de ação.

O trabalho consiste em priorizar 6 causas principais identificadas, sendo que estas 6 causas principais representarão todo o problema da elevação de finos uma vez identificadas as causas principais. Foi elaborado um plano de ação, que foi realizado com base na ferramenta 5W2H (“O quê?”, “Quem”?, “Quando”?, “Onde?”, “Por quê?”, “Quanto” e “Como”), sendo originadas 6 ações, todas elas causas principais. A conclusão originada das próprias consiste em diluí-las nos 8 primeiros meses do PDCA, de modo que todos os integrantes do grupo de melhoria têm

responsabilidade sobre as atuações, não ficando primeiramente responsáveis por executar as ações, entretanto os responsáveis por buscar recursos tecnológicos para realizá-las.

Após a verificação dos resultados obtidos nos 4 últimos anos como mostrado na Figura 8, elaborou-se o diagrama de Ishikawa, mostrado na Figura 9.

Figura 9 - Principais fatores internos que contribuem para o aumento dos finos



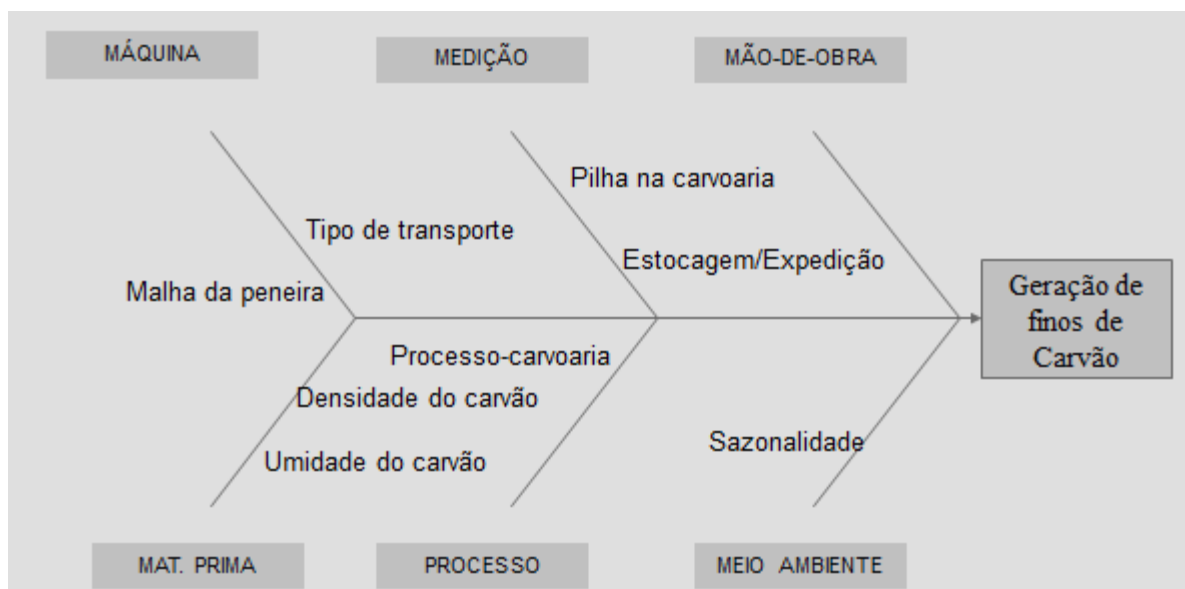
Fonte: elaborado pelos autores.

Por meio de várias reuniões com todos os integrantes da equipe do projeto, juntamente com os conhecedores deste, foi necessária a preparação do diagrama de Ishikawa a fim de levantar possíveis causas internas e externas para o aumento dos finos. Nessa etapa, o intuito era levantar todas as possíveis causas internas que possam gerar os finos.

- Máquina: Desalinhamento de correias transportadoras, peneiras mal dimensionadas;
- Medição: Método de amostragem fora do padrão, baixo nível de estoque;
- Mão de obra: Não cumprimento de procedimentos operacionais;
- Matéria prima: Umidade do carvão, densidade do carvão;
- Processo: Carvão mal carbonizado (tiço);
- Meio ambiente: Períodos chuvoso afetam a qualidade do carvão.

No diagrama, mostrado na Figura 10, estão os principais fatores externos que aumentam a geração de finos:

Figura 10 - Principais fatores externos que contribuem para aumento dos finos



Fonte: elaborado pelos autores.

Nesse sentido, foi indispensável a preparação do diagrama de Ishikawa conforme ilustrado nas figuras 9 e 10 a fim de levantar possíveis causas internas e externas para o aumento dos finos. Nessa etapa, o intuito era ressaltar todas as possíveis causas internas que possam determinar os finos. Realizar o diagrama de Ishikawa, ou diagrama causa e efeito, consiste em dividir o processo em “6M” – Máquina, Medição, Mão de obra, Matéria-prima, Processo e Meio Ambiente. Partindo dessas frentes, foi efetivado um *brainstorm* com todos os integrantes da equipe, no qual todas as ideias estavam sendo anotadas. Inicialmente, todas elas foram levadas em consideração, mas, num segundo momento, algumas foram expurgadas, permanecendo:

- Máquina: Malha da peneira furada permitindo passar finos para o carvão. Mudanças nas carretas utilizadas no transporte;
- Medição: empilhamento do carvão de forma incorreta. Estoque mal dimensionado na fabricante de carvão;
- Mão de obra: Procedimentos operacionais na fabricante de carvão;
- Matéria prima: Umidade da madeira utilizada na fabricação do carvão;

- Processo: Densidade do carvão, altas temperaturas de carbonização da madeira;

- Meio ambiente: Cuidados com a estocagem de carvão em períodos chuvosos.

Após a efetivação do diagrama causa e efeito, foi possível ter um conceito do cenário no geral, todas as diretrizes do trabalho, contudo trabalhar com todas as frentes exigiria bem mais tempo. Sendo assim, correr-se-ia o risco de se consumir muito tempo com fatores que não interferem de modo direto. Dessa forma, foi realizada a matriz causa e efeito, buscando valorizar todos os fatores de acordo com sua influência na causa raiz. Nem todas as causas foram relevantes para serem abordadas no plano de ação, foram priorizadas as causas que mais poderiam impactar na geração de finos.

#### **4.5 Plano de Ação 5W1H**

A ferramenta da qualidade 5W1H foi usada, como trazido na Figura 11, como forma de levantar e compilar as variáveis internas e externas com o objetivo capital de avaliar todas as premissas fundamentais. Em sua execução, mostrou-se efetivado o plano de ação na prática, sendo publicado entre todos os membros da equipe responsável pelo PDCA. Nesse plano de melhoria, todas as ações com as datas de vencimento e responsáveis pela execução, de acordo com o planejamento realizado em reuniões realizadas mensalmente, consistiu em efetivada gestão do plano de ação pelo líder do PDCA. Neste, se houvesse alguma ação em decadência ou não concretizada, o responsável pela ação deveria explicar o motivo do atraso ou não cumprimento da ação. Sendo assim, era estabelecida uma nova data para execução da ação pendente:

Figura 11 - Tabela 5W1H - Plano de ação para diminuição dos finos

O que	Como	Quem	Quando		Onde	Por que
			Início	Fim		
Diminuir umidade da madeira	Padronizar procedimento	Bioflorestas	01/01/2018	01/08/2018	Unidades produtoras de carvão	Garantir madeira com umidade baixa
Reduzir finos na retirada dos fornos	Aumentar o tamanho das conchas das carregadeiras	Bioflorestas	01/01/2018	03/05/2018	Unidades produtoras de carvão	Diminuir o atrito da máquina de carvão
Reduzir finos na expedição da carreta	Peneirar 30% do carvão do expedido	Bioflorestas	01/01/2019	01/12/2019	Unidades produtoras de carvão	Diminuir os finos na expedição
Temperatura de carbonização alta	Instalação de termopares para controle de temperaturas dos fornos de carbonização	Bioflorestas	01/01/2018	30/06/2018	Unidades produtoras de carvão	Aumentar medições de temperatura
Temperatura acima de normal/ carvão mais friável	Implantação de supervisorio para aumentar controle de carbonização	Bioflorestas	01/01/2018	30/05/2019	Unidades produtoras de carvão	Controle da curva de carbonização
Fornos com pouca estanqueidade de	Reforma dos fornos de carbonização	Bioflorestas	01/01/2019	01/12/2019	Unidades produtoras de carvão	Evitar fogo no interior dos fornos de carbonização
Carvão índice de finos abaixo de 18%	Aumentar expedição de carvão de pequenos produtores	Bioflorestas	01/01/2019	01/12/2019	Bioflorestas	Aumentar o tamanho médio do carvão
Estoque baixo aumenta quebra interna	Manter o estoque sempre acima 12000m³	Usina	01/01/2019	01/12/2019	Usina	Diminuir quebra interna do carvão
Identificar os principais contribuintes para elevação dos finos	Analisar 100% das carretas de carvão na chegada da usina	Usina	01/01/2019	01/12/2019	Usina	Ter informação de qualidade física de todas unidades

Fonte: elaborado pelos autores.

- Diminuir a umidade da madeira: Alterar procedimento de secagem madeira, pois,

cada unidade tinha procedimento diferente uma da outra. Unificação dos procedimentos para 6 meses de secagem após o corte da madeira.

- Reduzir finos retirados do forno: Aumentar concha das carregadeiras de 3 m<sup>3</sup> para 6 m<sup>3</sup>, diminuindo atrito máquina - carvão, por se tratar de um material extremamente friável, essa mudança vai proporcionar diminuição desse contato, gerando menos finos.
- Reduzir finos na expedição da carreta: Peneirar 30 % de todo carvão expedido, diminuindo os finos na expedição.
- Temperatura de carbonização alta: Para maior controle da temperatura de carbonização, instalar termopares em todos os fornos.
- Temperatura acima do normal/ carvão mais friável: Instalar supervisorio para acompanhamento da curva de carbonização e acompanhamento on line garantido temperatura entre 350°C até 400°C. Excesso de temperatura torna o carvão mais friável, gerando finos no interior do forno de carbonização.
- Fornos com pouca estanqueidade: Garantir estanqueidade dos fornos de carbonização, com isso, assegurar que não ocorra entrada de ar, gerando fogo inesperado no carvão.
- Carvão com índice de finos abaixo de 18%: Garantir que o carvão chegue na usina com percentual abaixo 18% de finos. Para isso, será necessário aumentar recebimento de carvão colhido de forma manual, através de fornecedores locais.
- Estoque baixo aumenta a quebra interna: Garantir estoque mínimo na usina acima 12000 m<sup>3</sup>. Como os silos de armazenamento do carvão tem 8 metros de altura e são alimentados por cima, quanto mais cheios eles estiverem, menor a queda dentro dos silos, ao ser reabastecidos, evitando queda muito grande.
- Identificar os principais contribuintes para a elevação dos finos: Realizar análise de 100% das carretas descarregadas na usina, podendo assim, identificar qual fornecedor estar contribuindo para o aumento de finos.

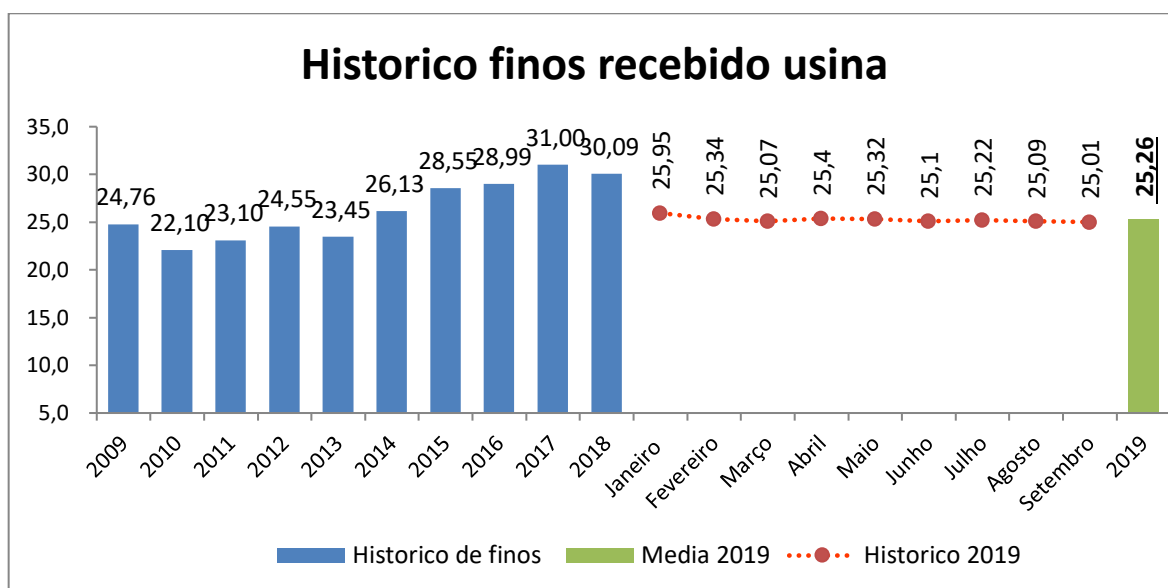
Efetivada uma análise no processo interno e externo, o plano consiste em obter a priorização dos agentes quanto ao intuito de reduzir as causas que realmente impactam na geração dos finos. O plano de ação se expõe quando o carvão e todo processo referente à etapa *PLAN* do ciclo PDCA permanecerem comprimidos. Em todos os detalhes, ações deverão ser assertivas a fim de atingir as metas sugeridas



inicialmente. Segundo Campos (1996), os planos de ação necessitam de uma gestão muito comprometida, ferramenta essa que permite obter ações sólidas no gerenciamento, transmitindo responsabilidades a todos da equipe do plano. A finalidade do plano de ação, conforme lembra Oliveira (1996), é viabilizar a locação de metas em um processo produtivo, podendo alcançar, assim, elevada possibilidade de êxito. As corporações precisarão montar seu plano de ação e definir todos os recursos que estejam dentro das possibilidades para realizarem a implantação.

Deve-se analisar sempre os recursos disponíveis e as suas propriedades organizacionais, bem como as alterações no plano de ação e o processo que deve ser efetivado em discussão da equipe envolvida no projeto, que devem ser as mesmas pessoas que fizeram parte das etapas anteriores (se necessário for outras pessoas poderão ser integradas ao grupo, outros participantes poderão estar sendo convidados a atuar nessa etapa). Todas as ações assumidas por essa equipe precisam ser rápidas, simples, mais eficazes e de custo mais baixo. Determinadas restrições necessitam ser instigadas em consideração quanto ao porquê da fixação das ações (ajustadas) pela equipe, lembrando que as ações necessitarão estar ocorrendo permanentemente sobre as causas principais e não sobre os efeitos, cobrindo sempre sua eficácia. Como mostrado na Figura 12, após implantação do plano de ação, verifica-se melhora expressiva nos finos recebidos pela usina. Outra observação importante são os efeitos paralelos que as ações sugeridas podem, eventualmente, causar; se esses acontecimentos incidam, necessitam ser analisadas novas ações contra esses efeitos:

Figura 12 - Histórico: geração de finos antes e depois da implantação do plano sugerido



Fonte: elaborado pelos autores.

O gráfico apresentado na Figura 12 mostra o histórico dos finos antes do estudo de caso e plano de ação sugerido. Em 2017, teve-se em média um fino de 31,00%. Em 2018, obteve-se novamente outro resultado muito ruim. Com isso, faz-se necessário um trabalho mais complexo para se atingir um nível de finos aceitável.

A cada 1% de aumento nos finos, a empresa necessita adquirir mais 600 t de carvão/mês.

Com a diminuição média de 4,83% de finos no carvão recebido na usina em 2019, obtida até o mês de setembro do corrente ano, como mostrado na Figura 12, houve um resultado financeiro de **R\$ 6.508.941,00**. Ganhos alcançados após a implantação do plano 5W1H.

Apesar de o estudo ter alcançado valores financeiros sustentáveis, para empresa em questão o valor será irrisório, pois a empresa tem como valor a segurança de seus funcionários e a estabilidade operacional. A economia atingida com o estudo vai representar 10% do valor do total do custo mensal e anual do carvão.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo, observou-se que a ferramenta de gestão da qualidade adotada (PDCA) para a resolução de um problema tão complexo apresentou-se muito eficiente, verificando a redução dos finos e com isso, trazendo ganhos operacionais e financeiros para empresa. Sendo que, para o avanço de um projeto de melhoria continua se constituem em saber adotar as medidas e ter a maturidade necessária para aceitar os problemas. O ponto de partida mais importante para implementação e sucesso de um projeto de tal escala é inteiramente necessário o empenho de todos, desde do operacional até a alta direção da empresa.

Como o alto forno é um equipamento que trabalha em contracorrente – gases na ascendente, cargas na descendente. Sua operação se torna bem mais estável com a diminuição de finos no interior do alto forno. Com isso, o carvão com menos finos garante uma carga extremamente permeável, assegurando assim, um bom desempenho operacional uma boa produtividade e por ultimo não menos importante um grande resultado econômico para empresa.

Após a diminuição dos finos, haverá impacto diretamente no consumo de carvão, conseqüentemente diminuição no consumo de madeira para a fabricação do próprio. Resultando, também, em um menor número de carretas em circulação para abastecimento da usina. Acarretando uma economia em custos de transportes.

Como sugestão para um trabalho futuro, é possível pesquisar a influência da alta de temperatura de carbonização na geração de finos, levando em conta a densidade da madeira.

## REFERÊNCIAS

ABM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METAIS. **Siderurgia brasileira a carvão vegetal**. 2.ed. São Paulo, 1975. 234p

AGOSTINETTO, J. S. **Sistematização do processo de desenvolvimento de produtos, melhoria contínua e desempenho**: o caso de uma empresa de autopeças. 2006. 121 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

ARAÚJO, Luiz Antônio. **Manual de Siderurgia**. São Paulo: 1997.

ARCELLORMITTAL. **Memorial Descritivo**: altos fornos; Gerência de Redução. ArcelorMittal: Juiz de Fora, 2019. (Arquivo interno).

ASSIS, P. S.; MARINHO, L. Z. A.; PORTO, F. M. **Utilização do Carvão Vegetal na Siderurgia. Produção e Utilização de Carvão Vegetal**. Belo Horizonte, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC, 1982. p. 281-318, v. 2 (Série Publicações Técnicas).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistemas de gestão da qualidade fundamentos e vocabulário**: NBR ISO 9000. Rio de Janeiro, 2000

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário estatístico: ano base 2008. Brasília, 2009. 129 p. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas>>. Acesso em: 01/10/2018.

BRITO, J. O; BARRICHELO, L. E. G. **Comportamento isolado da lignina e da celulose da madeira frente à carbonização**. Piracicaba: ESALQ. (Circular Técnica, 28). 2006. 4 p.

BRITO, J. O. Princípios de produção e utilização de carvão vegetal de madeira. **Documentos florestais**, v. 9. p. 1-19, mai. 1990.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia a Dia**. 6. ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1996.

CHAVES, J. B. P. **Controle de Qualidade na Indústria de Alimentos**. Viçosa: Departamento de Tecnologia de Alimentos (UFV), 1997. 150p.

DOSSA, *et al.* **Produção e rentabilidade do eucalipto em empresas florestais**. Colombo, Embrapa, 2002. 4p. (Comunicado Técnico, 83)

FALCONI, V. **Gerenciamento pelas Diretrizes**. 2 ed. Belo Horizonte: QFCO, 1996. 331p.

FERREIRA, A. B. de H. **Novo Aurélio Século XXI**: o dicionário da língua portuguesa. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999. 2128p.

FIEG (Federação das Indústrias do Estado de Goiás); SENAI (Serviço Nacional de Apoio a Indústria). **Boas Práticas de Fabricação**. Goiânia, 2002. 108 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Global Forest Resources Assessment 2010**. Roma, 2010

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

FREDERICO, P. G. U. **Efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal**. 2009. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**. Rio de Janeiro: Record, 1997.

JACOMINO, V. M. F. *et al.* **Controle Ambiental das indústrias de Ferro-gusa em altos fornos a carvão vegetal**. Belo Horizonte: Projeto Minas Ambiente/ SEGRAC, 2002a. 302p.

MACHADO, Janaina Gonçalves Maria da Silva. **Estudo de Reatividade e Combustão de Carvões Minerais, Carvão Vegetal e Misturas**. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais, Metalúrgica e de Minas), PPGEM, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2009.

MALAN, F. S. Eucalipts improvement for lumber production. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo, 1995. **Anais**. Piracicaba: IPEF;IPT;IUFRO;ESALQ, 1995. p. 1-19.

MATOS, J. Preparação de carga. In: **ABM – Curso sobre redução de minérios de ferro em alto-forno**. 3. ed. São Paulo, 1976. p.21-55

MARSHALL, I. Jr. **Gestão da Qualidade**. 8. ed. Rio de Janeiro - RJ. Editora FGV., 2006. 195 p.

MENDES, J.B. **Incentivos e Mecanismos financeiros para o Manejo Florestal Sustentável na Região Sul do Brasil**. FAO-Food and Agricultural Organization of the United Nations. Curitiba: 2004. 136 p.

MEGGINSON, L. C., MOSLEY, D. C., PIETRY, P. H. **Administração: conceitos e aplicações**. São Paulo: Harper & How do Brasil, 1986.

MONTEIRO, M.D.A. Em busca de carvão vegetal barato: o deslocamento de siderúrgicas para a Amazônia. **Novos Caderno NAEA – Núcleo de Altos Estudos da Amazônia**, Belém, v. 9, n. 2, p. 55-97, dez. 2006.

OLIVEIRA, E. *et al.* Efeito da qualidade da madeira sobre o rendimento e qualidade do carvão de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, n. 13, v. 1, p. 85-97, 1989.

OLIVIERA, J. B; GOMES, P. A; ALAMEIDA, M. R. Caracterização do processo de fabricação de carvão em fornos de alvenaria. In: PENEDO, W. R. (Ed.) **Carvão vegetal**: destilação, carvoejamento, propriedades, controle de qualidade. Belo Horizonte: CETEC, 1982. p. 63-102.

OLIVEIRA, D de P. R. de. **Planejamento estratégico**: conceitos, metodologias, prática. 10. ed. São Paulo: Atlas, 1996.294p.

OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; FIEDLER, N. C. **Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de Eucalyptus**. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.34, n.5, p.929-936, 2010.

OLIVEIRA, Sidney Teylor de. **Ferramentas para o aprimoramento da qualidade**. 2 ed. São Paulo: Editora Pioneira,1996.

PALADINI, E. P. **Qualidade total na prática**: implantação e avaliação de sistemas de qualidade total. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1997.

RIBEIRO, Eduardo Delano Leite. **Estudo comparativo entre sistemas de limpeza de gases de alto-forno em siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal e alternativa de reaproveitamento do pó do balão**. 2011. 92f. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas, Belo Horizonte.

SAMPAIO, R.S. **Conversão da biomassa em carvão vegetal**. Situação Atual com Tendências 2025. CGEE – Centro De Gestão e Estudos Estratégicos. Belo Horizonte, 2008. 14 p.

SANTOS, L. M. M. **Siderurgia para cursos tecnológicos**. Ouro Preto, ETFOP, 2007. v. 1000. 154p.

STCP. **Competitividade no Setor Florestal**. 2012. [http://www.stcp.com.br/upload/fck/joesio\\_competitividade\\_bracelpa\\_19MAR.pd](http://www.stcp.com.br/upload/fck/joesio_competitividade_bracelpa_19MAR.pd). Acesso em: 12 set. 2019.

SCHUMACHER, M. V.; POGGIANI, F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de Eucalyptus camaldulensis Dehnh, Eucalyptus grandis Hill ex Maiden e Eucalyptus torelliana F. Muell, plantados em Anhembi - SP. **Ciência Florestal**, v. 3, p. 21-34, 1993.

SHIBA, S; GRAHAM, A; WALDEN, D. **TQM** – quatro revoluções na gestão da qualidade. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 2000.

VERGUEIRO, W. **Qualidade em serviços de informação**. São Paulo: Arte & Ciência, 2002.

VITAL, M.H.F.; PINTO, M.A.C. **Condições para a sustentabilidade da produção de carvão vegetal para fabricação de ferro-gusa no Brasil.** BNDS setorial, n. 30, p. 237-297. 2011