

ESTUDO DE CASO EM UMA PLANTA DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL: APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE NO PROCESSO DE CARBONIZAÇÃO.

Claudiano Guedes Felício*

Priscila Mara Cota**

RESUMO

O carvão vegetal é um produto de grande importância para o crescimento socioeconômico do Brasil, sua demanda está associada à demanda puxada das siderúrgicas na produção de ferro gusa. A madeira de eucalipto é bastante utilizada como matéria-prima para a produção no país, pode ser obtida de diferentes padrões de fornos. As características físicas e químicas do carvão vegetal é um dos grandes desafios encontrados pelos produtores, no qual pode estar associado a falta de controle no processo de carbonização da madeira e/ou falta de manutenção dos fornos, afetando diretamente a qualidade e rendimento do produto final. Dessa forma, este artigo consiste em descrever, analisar e propor medidas de controle no processo de carbonização de uma empresa situada na zona rural do município de Mar de Espanha, visando a maximização da produção e obtenção de produto com mais qualidade. A técnica utilizada para obtenção dos dados é adquirida pelo método qualitativo e quantitativo, tendo como parâmetro a utilização de ferramentas de controle de qualidade, folha de verificação, controle estatístico, diagrama Ishikawa e utilização do ciclo 5W2H. Após aplicação das ferramentas da qualidade e identificação das causas especiais fora dos limites de tolerância estabelecidos pela empresa, foi elaborado um plano de ação 5W2H para controlar o problema na fonte, visando manter o ciclo de carbonização estável com objetivo de obter melhores resultados no quesito qualidade e produção.

Palavras-chave: Carvão vegetal; Ferramentas da qualidade; Processo de carbonização.

* Técnico em segurança do trabalho. claudiano.guedes@hotmail.com

Artigo apresentado à Rede de Ensino Doctum como trabalho para obtenção do título de graduação em engenharia de produção. Juiz de Fora, 2020.

** Orientador(a). Mestre e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) na área de Pesquisas Operacional e Engenharia de manufatura. Formada em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) campus João Monlevade. <http://lattes.cnpq.br/0353848274813426>

ABSTRACT

Charcoal is a product of great importance for the socioeconomic growth of Brazil, its demand is associated with the pull demand of steelmakers in the production of pig iron. Eucalyptus wood is widely used as a raw material for production in the country, it can be obtained from different oven patterns. The physical and chemical characteristics of charcoal is one of the major challenges encountered by producers, which may be associated with a lack of control in the process of carbonization of wood and / or lack of maintenance of the ovens, directly affecting the quality and yield of the final product. Thus, this article consists of describing, analyzing and proposing control measures in the carbonization process of a company located in the rural area of the municipality of Mar de Espanha, aiming at maximizing production and obtaining better quality products. The technique used to obtain the data is acquired by the qualitative and quantitative method, with the use of quality control tools, verification sheet, statistical control, ishikawa diagram and the use of the 5W2H cycle. After the application of quality tools and identification of special causes outside the tolerance limits established by the company, a 5W2H action plan was prepared to counter the problem at the source, aiming to keep the carbonization cycle stable in order to obtain better results in this quality. and production.

Keywords: Charcoal; Quality tools; Carbonization processo.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado o maior produtor de carvão vegetal, sendo que Minas Gerais se destaca como o estado com maior produção deste produto. O carvão é obtido a partir da queima ou carbonização de madeira, após este processo resulta em uma substância negra. É utilizado como combustível de aquecedores, está presente em nosso cotidiano é utilizado em churrasqueiras, lareiras, fogões a lenha e principalmente na indústria siderúrgica como termo redutor, ou seja, não apenas para energia térmica, mas também como fonte de carbono, um dos principais ingredientes na produção do ferro-gusa, aço e ferro ligas.

A produção do carvão vegetal no Brasil proporciona inúmeros ganhos socioeconômicos, seja pela geração de empregos e renda por se tratar de biocombustível sólidos renovável, adquirida por meio de florestas plantadas sendo a madeira de eucalipto a principal matéria prima para a produção, sua demanda é impulsionada pelo setor siderúrgico e avanços tecnológicos.

Para suprir a demanda e necessidade do mercado, faz necessário agregar no plano de produção ferramentas de qualidade, visando a melhoria no processo produtivo de forma contínua. Tendo como um dos desafios reduzir o fino do carvão, tiço, umidade e baixo teor de carbono fixo, ou seja, variações na característica do produto, inerente as condições do processo de carbonização, método de produção e característica da madeira utilizada.

Diante do cenário apresentado, este trabalho visa descrever um processo produtivo existente de uma determinada empresa produtora de carvão vegetal proveniente de florestas plantadas de eucalipto, tendo como foco o processo de carbonização, no qual visa identificar causas especiais no processo de carbonização que possa comprometer a qualidade do carvão vegetal, bem como sugerir medidas de controle por meio de ferramenta da qualidade de melhoria contínua do processo.

2 OBJETIVO

Descrever o processo produtivo de produção de carvão vegetal e analisar o desempenho do processo de carbonização da madeira, visando identificar causas especiais fora do limite de controle por meio das ferramentas da qualidade, folha de verificação, controle estatístico do processo, digrama de Ishikawa e pelo método 5w1h definir as medidas para manter o processo de carbonização dentro dos limites de controle.

Carvão vegetal é fundamental para o crescimento socioeconômico do país, seja na geração de emprego e renda. Sua demanda é puxada pelo setor da siderúrgica que utiliza o produto como fonte de energia e agente redutor de minério de ferro na produção do ferro gusa e aço.

O segmento siderúrgico brasileiro, usuário de redutor bioenergético ou de seus derivados, demonstra crescimento expressivo na produção de aço a partir de carvão vegetal, o que pode ser observado pelo aumento de 86% do consumo de carvão vegetal originado de plantações florestais para produção de ferro gusa no País, um índice crescente nos últimos três anos (IBÀ,2017).

Contudo o crescimento na produção de aço no Brasil, proporciona um aumento significativo na produção do carvão vegetal, pois sua composição química proporciona uma qualidade melhor na fabricação do ferro-gusa e ao aço. A qualidade do carvão e dos principais desafios enfrentados pelos produtores de carvão vegetal, no qual podem estar associados a falta de controle no processo de carbonização.

E assim como quaisquer outros produtos têm suas particularidades que devem ser trabalhadas, a fim de melhorar seu processo produtivo e atender a qualidade especificada pelo cliente final. Com objetivo de atrair atenção para o tema, este artigo visa analisar e propor melhorias no processo de carbonização de madeira, por meio de uso de ferramentas da qualidade.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são abordados os conceitos para o embasamento teórico da pesquisa, tais como: Gestão por processos, carta de verificação, controle estatístico e 5W1H.

4.1 Gestão de processo

A gestão por processo é uma estrutura gerencial que permite a organização, mapear cada fase do processo, permitindo assim uma visão ampla de cada etapa, no qual permite identificar as oportunidades de melhorias contínua dos processos.

A gestão por processo consiste em conjunto de ações de planejamento, direção e avaliação das atividades sequenciais agregadas, no qual tem finalidade minimizar os conflitos interpessoais, necessidades e expectativas dos clientes internos e externos das empresas (ANDRADE, et al., 2015).

Para Brum e Soares (2008), a gestão de processos pode ser implantada na organização como ferramenta chave de melhoria contínua dos processos, no qual visa aumentar a eficiência dos processos amenizando as perdas e maximizando os lucros da organização.

Dessa forma, fica evidente a importância de melhorar continuamente a união das atividades sequenciais, pois um processo integrado tende a minimizar os conflitos internos e maximizar os lucros das organizações. Portanto, para desenvolver o gerenciamento por processo, é preciso mapear a cadeia produtiva da empresa, esta técnica possibilita a visualização dos processos como um todo de forma rápida.

Segundo Samora, Leal e Alves (2002), o mapeamento do processo é uma ferramenta gerencial analítica e de comunicação que tem como o objetivo, melhorar e/ou incrementar os processos existentes, portanto é fundamental para as organizações, tendo em vista que ela proporciona um entendimento rápido do sequenciamento das etapas do processo, possibilitando identificar as oportunidades de melhorias no processo de forma mais eficaz, pois permite o contato direto com as pessoas envolvidas no processo.

4.1.2 Processo de carbonização

O processo de carbonização consiste em submeter um sólido ao calor elevado, neste caso a madeira, no qual tem como objetivo remover o hidrogênio e oxigênio, no qual o produto desta reação química é o carvão vegetal.

Para Rodrigues (2019), o carvão vegetal é obtido pela carbonização, também conhecida como pirólise lenta que consiste na degradação térmica da madeira, tendo como resultado a produção do carvão vegetal e seus subprodutos, sendo estes compostos orgânicos condensáveis, gases não condensáveis e cinzas e ticos, ou seja, madeira que não sofreu a reação química por completo.

Para Brito (1992), o aspecto químico do termo pirólise é definida como a degradação da madeira onde a ação do calor ocorre na ausência de agentes oxidantes ou catalizadores, sendo assim a madeira não sofre a combustão.

Dessa forma, a madeira quando induzida a pirólise lenta, ou seja, ao calor sob uma atmosfera controlada no processo de carbonização, sofre a degradação do estado original, onde são extraídos os subprodutos resultado desta reação química o carvão vegetal.

Segundo Santos et.al (2002), a carbonização ocorre em quatro fases, sendo elas secagem, torrefação, carbonização e fixação.

Fase I – Secagem: ocorre até 110 °C, quando apenas a umidade é liberada;

Fase II – Torrefação: ocorre entre 110 e 250 °C, sendo que, na temperatura de 180 °C, tem início a liberação da água de constituição pela decomposição da celulose e hemicelulose. Pouco peso é perdido até 250 °C. Forma-se o tiço ou madeira torrada;

Fase III – Carbonização: ocorre entre 250 e 350 °C e, com a intensificação da decomposição da celulose e hemicelulose, ocorre expressiva perda de peso, formando-se gás, óleo e água. Ao atingir a temperatura de 350 °C, o carvão possui 75% de carbono fixo e se considera que a carbonização está praticamente pronta;

Fase IV – Fixação: dos 350 °C em diante, ocorre redução gradual na liberação de elementos voláteis, principalmente gases combustíveis, continuando a fixação do carbono.

A carbonização é, então, o processo que submete a madeira a temperaturas elevadas com a atmosfera controlada, onde são extraídos os subprodutos pirolenhosos da madeira e se obtém o carvão vegetal em forma de carbono fixo.

4.1.3 Fatores de influência e as transformações durante a carbonização

A qualidade do carvão é um dos principais aspectos avaliados pelo mercado, sua característica química pode interferir significante no rendimento da produtividade do ferro gusa. Dessa forma, é importante conhecer as características físicas e químicas do carvão que será utilizado na siderúrgica, sendo esta a principal consumidora do produto.

Segundo Brito (1992), os fatores que influenciam no produto, são divididos em duas classes, são assim mencionados:

a) fatores ligados à natureza da madeira: composição elementar, a repartição quantitativa dos três principais polímeros (celulose, hemiceluloses e lignina), a condutividade térmica, o poder calorífico, a densidade, a resistência mecânica, a granulometria, a natureza e a quantidade de materiais minerais;

b) fatores ligados às condições operatórias: a temperatura, a pressão, o tempo de residência da madeira na zona de aquecimento, o tempo de residência dos produtos na zona de aquecimento, os fluxos térmicos e os coeficientes de transferência de calor resultantes da taxa de aquecimento, da granulometria e da natureza da madeira, a hidrodinâmica dos produtos fluidos, e o pré-tratamento químico ou térmico efetuados sobre a madeira.

Além dos fatores ligados da natureza a qualidade do carvão vegetal se baseiam também nas diversas variáveis relacionadas ao processo fabril, dentre elas: período de secagem da madeira, dimensão e densidade da madeira, manutenção dos fornos, controle do processo de carbonização e resfriamento.

4.1.4 Folha de verificação

A folha de verificação e das sete ferramentas da qualidade, no qual tem como objetivo, coletar em tempo real o andamento dos processos. Com ela, é possível coletar e avaliar a qualidade dos produtos manufaturados, permitindo assim um estudo mais eficaz para tratar um problema relacionado ao processo.

A folha de verificação é uma planilha para o registro de dados. O uso de uma folha de verificação torna a coleta de dados rápida e automática. Segundo Vieira (1999) apud Maickc; Andrade (2013), a folha de verificação deve ter espaço onde registra local e data da coleta dos dados. Para Seleme (2012), a folha de verificação são documentos que permite o registro de anotações de terminado problema ou situação de forma ordenada no qual se pretende resolver, por meio desta é possível obter os dados para analisar as amostras do processo. Já para Possaler (2014), a folha de verificação são formulários que auxilia no registro e análise de dados obtidos em uma coleta, é conhecida também como check-lits, em outras palavras, a folha de verificação consiste em obter dados do produto manufaturado.

3.1.6 Controle estatístico do processo.

O controle estatístico do processo é uma das sete ferramentas da qualidade, no qual permite identificar por meio de coleta de amostragem ao logo do processo, causas especiais, ou seja, não natural ao processo que possa vir a comprometer a qualidade do produto ou operação.

Segundo Duarte e Schwengber (2012), o processo estatístico do processo e um sistema de inspeção por amostragem, operando ao longo do processo, no qual visa a identificação causas especiais não naturais fora do limite de controle, que possa comprometer a qualidade do produto manufaturado.

Para Pinto e Nascimento (2015), o controle estatístico de processo e um conceito de técnicas da estatística e da engenharia de produção preventivo, que visa eliminar ou controlar por certas variações dos processos que possa comprometer a qualidade dos produtos manufaturados e/ou etapas do processo padrão existente em tempo real, no qual possibilita assim tomada de ação rápida para controlar o processo e/ou eliminar as causar especiais.

Baseado nestes conceitos e teoria o processo estatístico do processo, consiste em analisar causas especiais não natural ao processo fora do padrão. Permitindo assim uma ação rápida para implantação de plano de ação para correção das anomalias, que possa comprometer a qualidade e produção do produto manufaturado.

3.1.6 Gestão da qualidade

A gestão da qualidade é definida como uma ferramenta estratégica, cujo objetivo é promover uma visão sistêmica da organização, tendo como foco o cliente e sua satisfação.

A qualidade é um dos principais diferenciais de uma empresa no atual panorama globalizado e competitivo, pois possibilita aplicação de melhoria contínua dos processos, visando atender as estratégias de qualidade da empresa (TROISN; SHUSTER; PARDELLA, 2013). A gestão da qualidade total pode ser definida como uma opção de ferramenta baseado em dados e fatos que busca solucionar problemas de uma organização (FONSECA, 2017).

Dessa forma, a gestão da qualidade de um produto ou serviço está diretamente ligada à satisfação total do consumidor.

3.1.7 Ferramentas da qualidade

As chamadas ferramentas da qualidade são usadas nas organizações, para mensurar, definir, analisar e propor soluções para os gargalos encontrado no processo produtivo. Elas permitem o melhor controle dos processos ou melhoria na tomada de decisões.

Segundo Albina e Ronzelli (2014), identifica como ferramenta da qualidade todos os processos empregados na obtenção de melhorias no processos e resultados positivos obtidos, permitindo-se com isso uma melhor exploração de seus produtos no mercado competitivo.

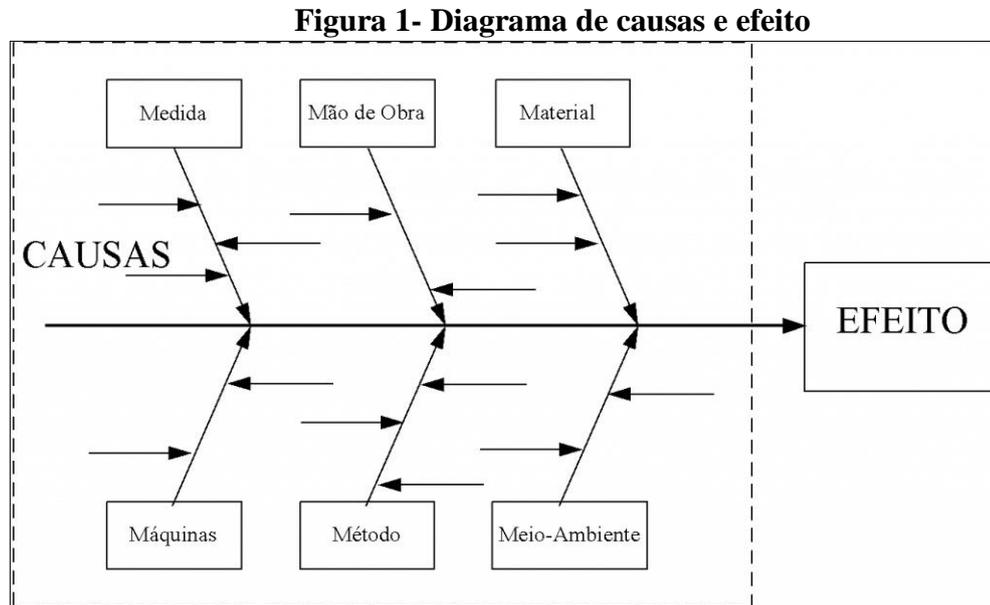
Portanto, as ferramentas da qualidade são mecanismo e técnicas desenvolvidas pelas organizações, que visa levantar ideias e soluções estratégicas para atender as necessidades do cliente. Dentre estes métodos pode utilizar o Diagrama de Causas e Efeito, Folha de Verificação e o ciclo PDCA.

3.1.8 Digrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Espinha de Peixe, foi criado Kaoru Ishikawa em 1943, no qual usava o mesmo em ambientes industriais para verificar a dispersão na qualidade dos produtos e processos fabril. FERREIRA (2019). Em outras palavras esta ferramenta é um gráfico cuja finalidade é organizar o raciocínio em discussões de problema prioritário.

Segundo Seleme (2012), o diagrama de causas e feito é uma representação gráfica que permite identificar após uma análise criteriosa do processo, fatores relacionados que está comprometendo as características da qualidade dos produtos ou serviço final. O diagrama

pretende mostrar a relação entre a característica da qualidade e seus fatores determinantes. A figura 1 abaixo, representa o diagrama de causas e efeito.



Fonte: Doutor Gestão (2020).

A metodologia do 5w2h é largamente utilizada pelas organizações que desejam melhorar seu nível de qualidade através de ferramentas eficientes, no qual possibilita a criação de procedimentos de informações, no qual é essencial para alcançar as metas traçadas no planejamento estratégico das organizações.

3.1.9 CICLO PDCA

O PDCA é uma ferramenta de gestão que visa buscar melhorar de forma contínua os processos de um ambiente organizacional. Esta metodologia auxilia no engajamento dos colaboradores na elaboração de padrões no qual traz resultados positivos para a companhia.

Segundo Castro (2015), ciclo PDCA é uma ferramenta de gestão que tem como o objetivo controlar os processos de forma contínua. É conhecido como ciclo Shewhart ou Deming, em 1930 este foi apresentado pelo Walter A. Shewhart como ciclo aplicável na administração da qualidade, mas ao longo dos anos 50, através de William Edwards Deming o ciclo PDCA tornou-se amplamente conhecido no mundo.

O ciclo PDCA é um método iterativo de gestão de quatro fases: planejar (*Plan*), fazer (*Do*), Checar (*check*) e agir (*action*), no qual se baseia em repetições continuadas, aplicada sucessivamente nos processos, visando obter melhoria contínua de processos e produtos. É uma

ferramenta que pode ser utilizado em qual ramo de atividade, para alcançar as metas estabelecida no planejamento estratégico das organizações. A figura 2 abaixo representa método o ciclo PDCA.

Segundo Padro e Ferreira (2006), as fases do ciclo PDCA são representadas, da seguinte forma:

1º Fase – Planejamento (*Plan*). Consiste em definir os objetivos e as metas que se pretende alcançar no planejamento. O plano de ação deve ser projetado de forma a atender as condições do cliente e padrão de serviços ou processos.

2º Fase – Execução (*Do*). Consiste em executar a prática estabelecida no plano de ação, é imprescindível realizar treinamento na perspectiva de viabilizar o cumprimento dos procedimentos estabelecidos. As informações no decorrer desta fase devem ser colhidas para ser utilizada na fase seguinte.

3º Fase – Verificar (*Check*). Consiste em averiguar o que foi planejado mediante as metas estabelecidas e dos resultados alcançados. O parecer deve ser fundamentado com base nas informações coletadas.

4º Fase – Ação (*Action*). Consiste em diagnosticar qual é a causa raiz do problema, bem como definir a medida preventivas para qual não corra novamente o resultado não esperado, caso as metas planejadas não forem atingidas.

Em suma, o ciclo PDCA é fundamental para alcançar as metas estabelecidas no planejamento. Ele permite uma visão ampla dos problemas correlacionado ao processo, possibilitando assim o controle e/ou correção das falhas, bem como permite após as tratativas das falhas elaborar o pop, ou seja, padrão operacional padrão do processo no qual possibilita um resultado similar com resultado satisfatório. Portanto, a utilização do PDCA no ambiente organizacional é fundamental para melhorar continuamente os resultados e alavancar o desempenho da empresa.

4 METODOLOGIA

Os dados para o desenvolvimento deste artigo, foram obtidos por meio de avaliação qualitativa e quantitativa, onde foi utilizada a ferramenta da qualidade folha de verificação para levantar as informações pertinente ao processo de carbonização da madeira. Por meio desta foi levantada as seguintes informações (identificação da unidade de produção, número do forno em estudo, data de início e término do ciclo de carbonização, registro das temperaturas durante todo o ciclo de carbonização, período de secagem da madeira e entre outros). As perguntas

foram direcionadas ao gestor da planta de produção de carvão e aos carbonizadores, profissionais que monitora o processo de carbonização da madeira.

5 ANÁLISE DE DADOS

Os dados para utilizados para desenvolver este trabalho foram obtidos de uma planta de produção de carvão vegetal de florestas de eucaliptos. Esta unidade encontra-se situada na zona rural da cidade de Mar de Espanha, situada no estado de Minas Gerais. A figura 5, abaixo representa a planta de produção da empresa em estudo.

Figura 2- Planta de produção de carvão



Fonte: Própria, 2020.

A planta de produção de carvão vegetal da empresa em estudo. A planta é composta de dezesseis unidades de fornos retangulares construídos de alvenaria, com as seguintes dimensões 4m x 3,6m x 4m, contendo câmara de combustão externa, chaminé, janela e portas.

A matéria-prima são toras de madeira com 3 metros de comprimento de diferentes diâmetros que provêm de florestas plantadas de eucalipto de espécie urograndis, o processo produtivo da empresa é semi-mecanizada, seu produto é destinado a uma siderúrgica situada na cidade de Juiz de Fora, no estado de Minas Gerais.

4.2 Processo produtivo de produção de carvão vegetal

O processo produtivo do carvão vegetal é composto de 6 etapas; Enformamento da madeira no forno, fechamento e vedação das portas, ignição dos fornos, carbonização, resfriamento e descarregamento e entre ciclos são realizadas as manutenções, aferições de

temperatura, manutenção da estrutura do forno no processo de carbonização e resfriamento. A seguir será desmembrado o sequenciamento das etapas:

1- Enfornamento da madeira – Consiste em retirar a madeira dos boxes de armazenamento que fica posicionado na frente do forno, a máquina denominada pá carregadeira utiliza-se um implemento denominado de garra no qual faz a retirada da madeira do box de lenha e posiciona a mesma no interior do forno na posição horizontal até atingir a altura máxima do forno, aproximadamente 3,60 m de altura;

2- Fechamento das portas e janela - Consiste em cunhar e contra pinar as portas e janela, para que elas não abram no processo de carbonização, posterior é realizado a vedação das mesmas por meio de argilas composta com água e terra;

3- Ignição do forno – Consiste em alimentar a câmara de ignição de cavacos de madeira e acender o fogo.

4- Carbonização - Consiste em submeter a madeira a temperatura elevada com a atmosfera controlada, permitindo a saída dos gases, vapores e líquidos diversos subtraído da madeira. Controle ocorre pelas entradas de ar nos “tatus”, orifícios localizados na base das paredes do forno é qual é monitorada pelo o profissional na função de carbonizador em período de 72 horas;

5- Coleta de temperaturas – Por meio do instrumento termômetro infravermelho é realizado a coleta de temperaturas a cada três horas nos seguintes locais (chaminé, paredes e Janela) e entre intervalos é realizada as manutenções nas estruturas de fornos e a sondagem do forno que consiste em introduzido em quatro orifícios das paredes do forno, uma barra de ferro denominada de sonda, no qual tem o objetivo identificar se a madeira se transformou em carvão e nesta etapa que o carbonizador avalia a necessidade de aumentar ou diminuir a temperatura do forno naquele local de sondagem, este processo ocorre até concluir a carbonização da madeira. Após a carbonização completa da madeira, inicia-se o processo de resfriamento do forno.

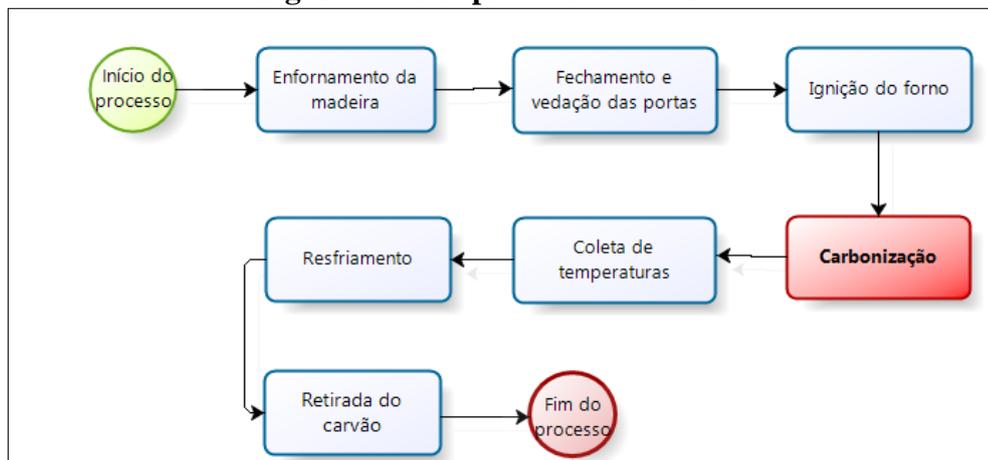
6- Resfriamento – Consiste em vedar as entradas de atmosfera do forno, nesta fase todas as entradas de ar e vedada por meio de argila e após 24 horas é realizado o barreamento do forno, ou seja, é projetado em todo o forno argila por meio de magote de implemento acoplado em trator, este consiste em vedar todas as trincas presente no forno proveniente de interferências externas, impedindo assim a entrada de oxigênio na área interna do forno. Entre intervalos é realizado a cada 4 horas as aferições de temperatura do forno e quando atingir 30°

Celsius, as portas são abertas para realizar o procedimento de avaliação visual, visando identificar princípio de incêndio no carvão vegetal e cubagem do volume de produção.

7- Retirada do carvão – Não havendo princípio de incêndio no carvão, nesta etapa inicia-se a retirada do carvão forno, por meio da máquina pá carregadeira acoplada com o implemento denominado de concha que retira o carvão do forno e deposita no pátio de estocagem.

A o fluxograma abaixo, representa as etapas do ciclo produtivo de produção de carvão vegetal da empresa em estudo.

Figura 3- Ciclo produtivo de carvão



Fonte: Própria, 2020.

A Figura 3 – Representa o a sequência do ciclo produtivo de produção de carvão vegetal da empresa.

Para a realização da pesquisa, foi coletada o total 352 amostras de temperaturas do forno nos seguintes pontos de aferição determinado pela empresa, (chaminé, Paredes e Janela) em todo ciclo de carbonização que se inicia no ponto de ignição do forno até o período de resfriamento. A Figura 4, representa o número de amostras coletada por ponto de aferição.

Figura 4- Temperaturas

LOCAL	NÚMERO DE AMOSTRAS	TAMANHO DA AMOSTRA
Parede	44	4
Chaminé	44	2
Janela	44	2

Fonte própria, 2020.

As temperaturas foram obtidas por meio de termômetro infravermelho cedido pela empresa, no atua na escala em graus Celsius. Posteriormente os dados pertinentes ao processo foi registrado na folha de verificação, conforme representado pela Figura 5.

Figura 5- Folha de verificação

CONTROLE DE TEMPERATURA					
UNIDADE DE PRODUÇÃO:					
DATA:					
DADOS DO PROCESSO					
NÚMERO DO FORNO:			PONTO DE COLETA:		
PERÍODO DE SECAGEM DA MADEIRA:					
HORÁRIO INÍCIO:		TERMÍNO:		TOTAL HORAS:	
CARBONIZADORES:					
HORÁRIO	TEMPERTURA				OBSERVAÇÃO
	T1	T2	T3	T4	

Fonte: própria (2020).

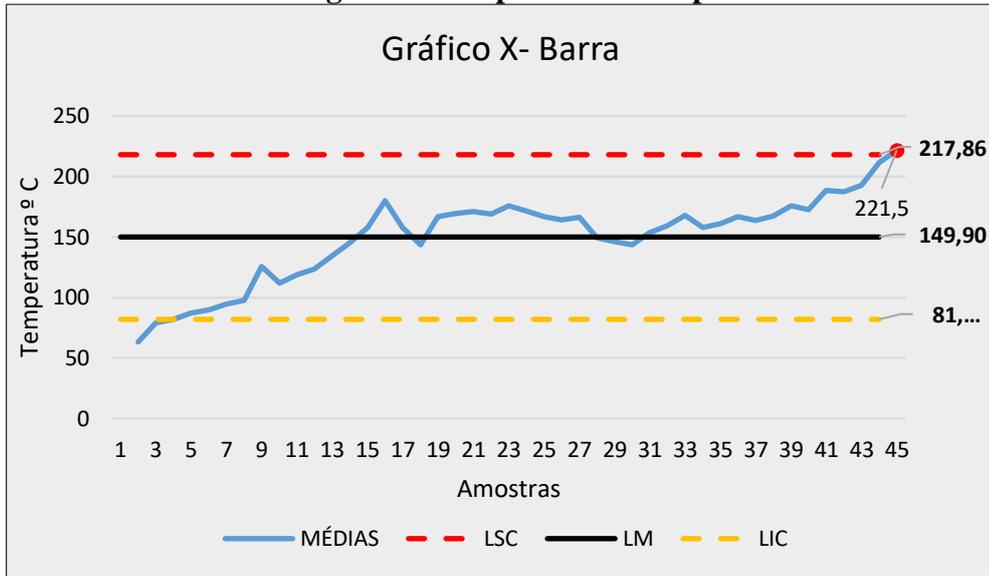
Após a obtenção dos dados registrado na folha de verificação, foi possível analisar a estabilidade do processo de carbonização por meio do controle estatístico do processo -CEP.

6 RESULTADOS

Após a coleta das temperaturas nos locais pré-determinados pela empresa, estas foram transferida para a ferramenta do programa Microsoft Excel. Onde foi possível obter a análise do processo por meio dos gráficos X- Barra e Gráficos R das amplitudes.

A Figura 6 abaixo, representa o gráfico de controle das temperaturas coletadas nas paredes do forno durante todos o ciclo de carbonização da madeira.

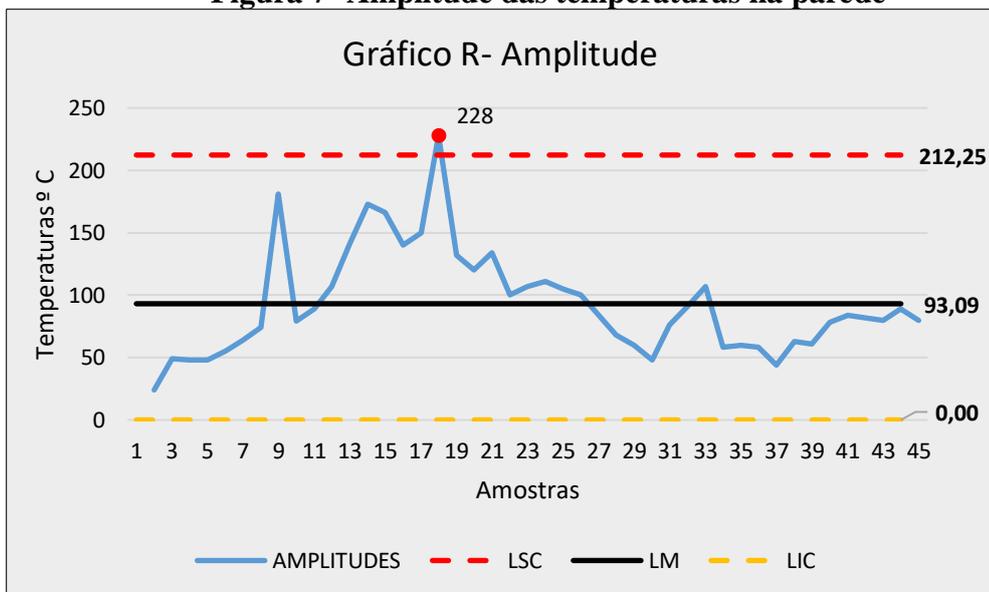
Figura 6- Temperaturas nas paredes



Fonte: Própria, 2020.

Após aplicação da ferramenta da qualidade controle estatístico das temperaturas do forno localizada na parede, obteve os seguintes resultados: Limite Superior de Controle LSC = 217,86 °C, Limite Médio - LM = 149, 9 °C e Limite Inferior de controle - LIC = 81,94°C. A amostra de número 45 apresentou uma causa especial, ou seja, ultrapassou o limite superior de controle do processo.

Figura 7- Amplitude das temperaturas na parede

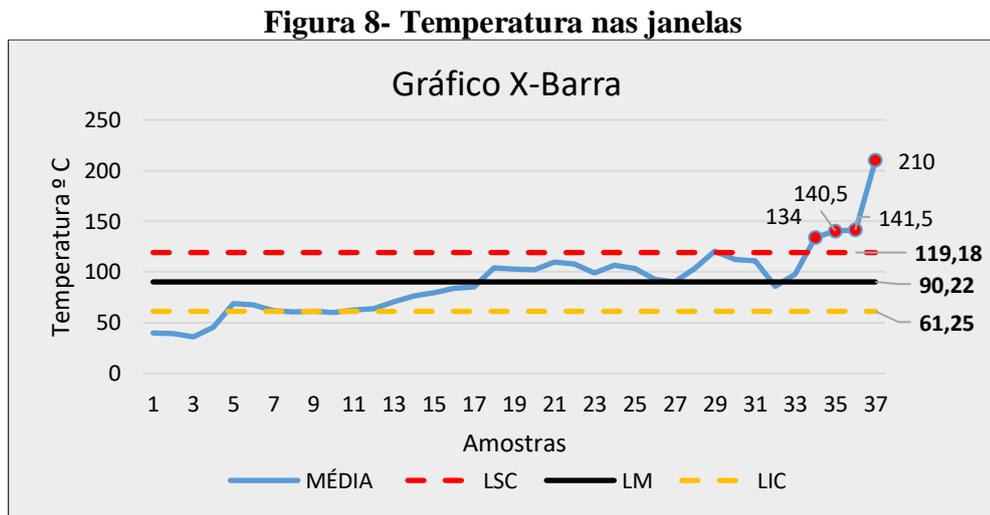


Fonte: Própria, 2020.

Com base na Figura 7, pode observar que na amostra de número dezessete a apresentou um desvio padrão de temperatura, no qual ultrapassou o limite superior controle do processo.

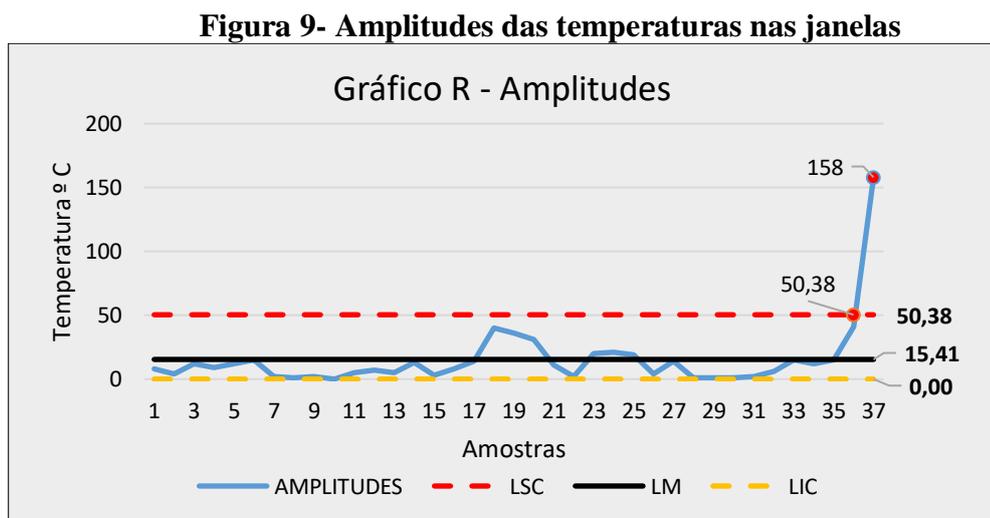
Apesar deste desvio pontual, pode-se concluir que o processo está dentro do controle estatístico do processo, pois consequentemente a temperatura estabilizou dentro dos limites de controle.

A Figura 8 abaixo, representa o gráfico de controle das temperaturas coletadas nas janelas do forno durante todos o ciclo de carbonização da madeira.



Fonte: própria,2020.

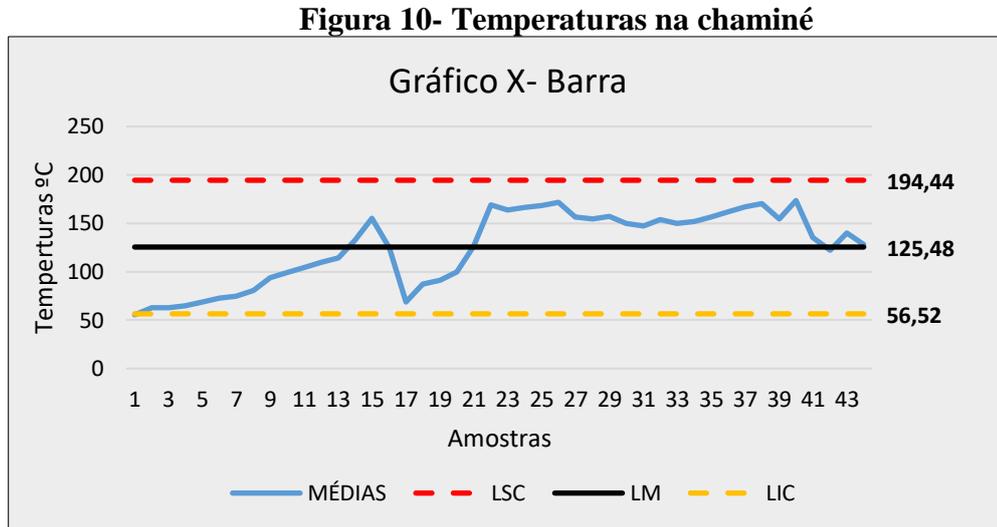
Com base no controle estatístico do processo, pode se obter os seguintes limites de controle: Superior de Controle LSC = 119,18 °C, Limite Médio - LM = 90,22 °C e Limite Inferior de controle - LIC = 61,25 °C. Perceba-se que as amostras 34, 35, 36 e 37 ultrapassaram o limite superior de controle do processo, fazendo com processo fica instável.



Fonte: própria,2020.

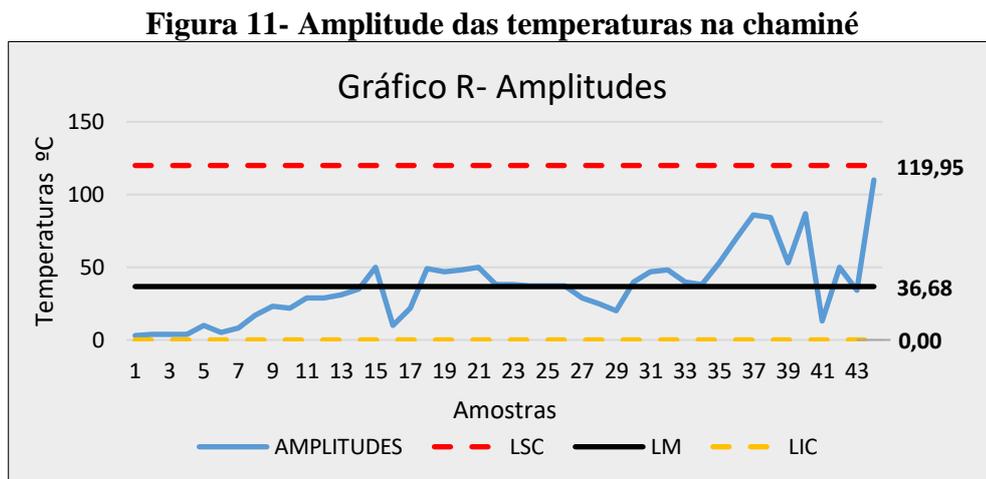
Com base na Figura 9 pode-se observar que a amostra de número 37 apresentou um desvio padrão de temperatura acima do limite de tolerância. Percebe-se que a temperatura teve

um aumento bem significativo a partir das amostras de número 36, ocasionando uma estabilidade do processo. A Figura 10 abaixo, representa o gráfico de controle das temperaturas coletadas nas paredes do forno durante todos o ciclo de carbonização da madeira.



Fonte: própria,2020.

Com base no controle estatístico do processo, pode se obter os seguintes limites de controle: Superior de Controle LSC = 194,44 °C, Limite Médio - LM = 125,48 °C e Limite Inferior de controle - LIC = 56,52 °C. Observe-se que a temperatura do forno na chaminé, permaneceu durante todo o ciclo em torno da temperatura mediana. Portanto conclui-se que o processo está estável.



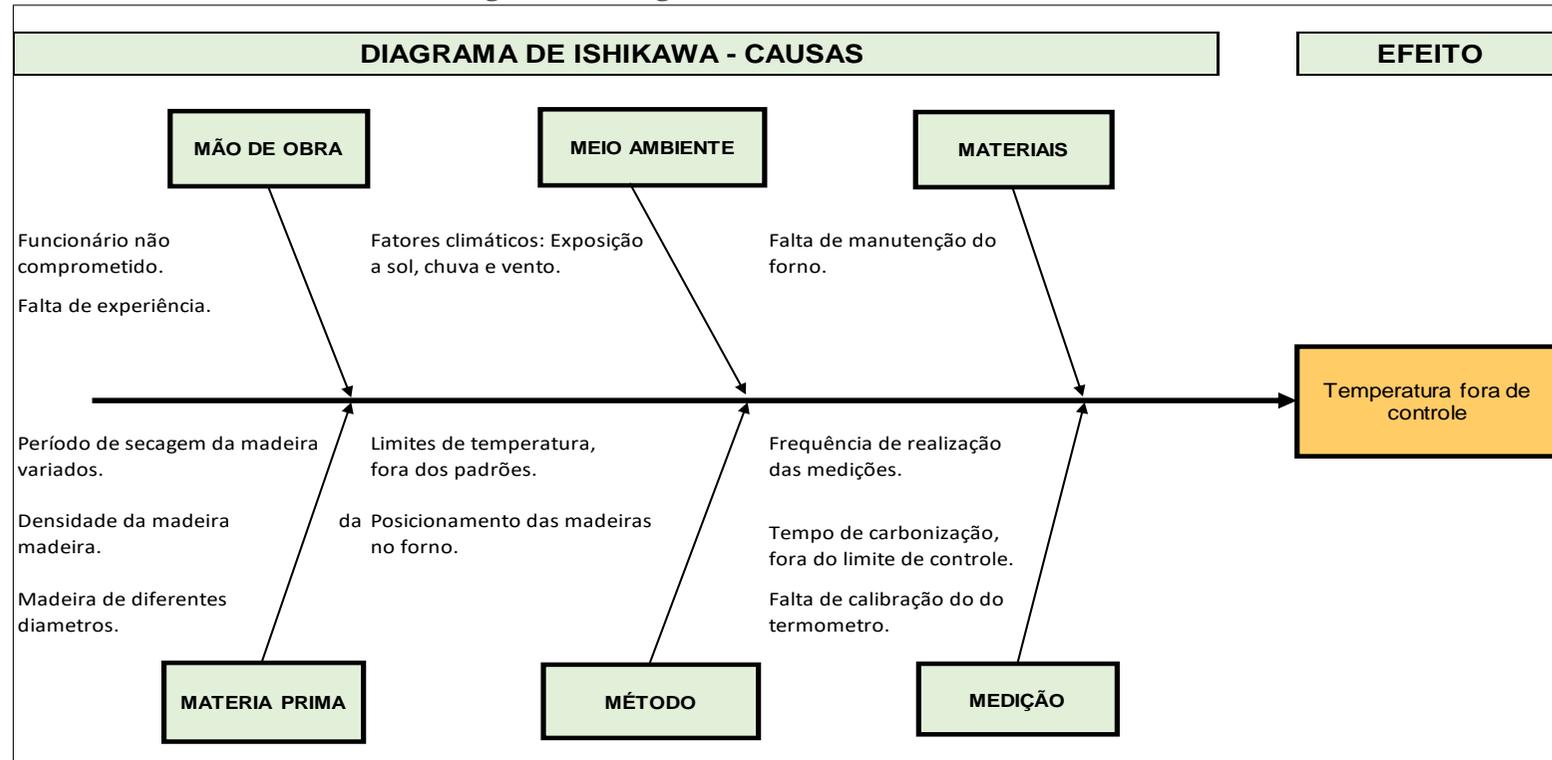
Fonte: Própria, 2020.

Com base na Figura 11 pode-se observar que não houve desvio padrão fora dos limites de controle do processo, no qual podemos concluir que a temperatura em todo o ciclo de carbonização do forno na chaminé permanece estável.

A partir da análise dos dados, foi possível observar que, os limites máximos de temperatura estabelecido pela empresa de 160° C na parede e 140° C na chaminé não estão sendo seguidos, em ambos locais a temperatura extrapolou os parâmetros determinados. No entanto, os valores estabelecidos pela empresa são distintos e no ponto de vista da literatura as temperaturas estão em conformidade, pois a transformação química da madeira para carvão é obtida na temperatura de 350 °C, sob processo de carbonização controlado. Com base nos dados, há presença de causas especiais nas amostras coletadas na janela do forno, fazendo com que processo de carbonização se permaneça instável.

Com base nos dados, foi possível em grupo mapear por meio do diagrama de Ishikawa as possíveis causas correlacionadas ao problema, conforme representado pela Figura 13 abaixo.

Figura 12- Diagrama de causa e efeito



Fonte: própria, 2020.

Visualizando o diagrama de Ishikawa, percebe-se que vários fatores contribuem para a geração do problema. Entre estas se destacam as causas primárias; falta de manutenção do forno, limites de controle fora dos padrões, frequência de realização das medições, período de secagem da madeira, falta de experiencia dos funcionários. Após a identificação das possíveis causas do problema, foi elaborado um plano de ação para resolução do problema, por meio da ferramenta do ciclo PDCA também conhecido como 5wh2 (Figura 13).

Figura 13- Plano de ação 5w1h

PLANO DE AÇÃO - 5W1H								
5W					H		Data	Status
watt? O que?	RH? Por que?	Cheire? Onde?	Who? Quem?	Chen? Quando?	Show? Como?			
Manutenção do forno.	Garantir a vedação das trincas.	Cúpula dos fornos e vedação das portas.	Francisco	A cada duas horas e em dias chuvosa a cada uma hora.	Utilizar argila e água e projetar com máquina sobre a cúpula do forno e nas portas fazer manual com auxílio da plataforma aérea.	12/12/2020	Em andamento	
Frequência de aferição de temperatura.	Garantir maior controle em tempo hábil da temperatura do forno.	Em todos os fornos no período de carbonização.	Adão	A cada 1 hora.	Utilizar o termômetro infravermelho.	12/12/2020	Em andamento	
Calibração de instrumentos de aferição de temperatura.	Garantir a eficiência das medições de temperatura.	Termômetros de aferição	Edson	Mensalmente	Fornecedores externo.	12/12/2020	Em andamento	
Padronização dos limites de temperatura.	Garantir a compatibilidade do processo, conforme característica da matéria prima.	Processos de produção de carvão vegetal.	Cristiano	A cada mudança de operação.	Elaborar documento físico, definindo os critérios a serem seguidos, conforme estudo técnico realizado em processo sob controle estatístico.	12/12/2020	Em andamento	
Posicionamento da madeira dentro do forno.	Garantir mais eficiência na carbonização da madeira.	Área interna dos fornos.	Adão	Durante o processo de carregamento do forno.	Colocar as toras de madeira com diâmetros maiores, próximo a câmara de ignição, para agilizar a carbonização da madeira.	12/12/2020	Em andamento	
Controlar período de secagem da madeira.	Carbonizar a madeira levando em consideração suas características físicas e limitação de temperatura conforme estudos realizado.	Pátios de estocagem	Adão	Entrada da madeira na planta de produção.	Registrar no controle de cubagem de madeira, no ato em que a mesma chega na unidade.	12/12/2020	Em andamento	
Mão de obra não capacitada	Falta de treinamento e/ou comprometimento.	Quadro de funcionários da planta de carbonização.	Cristiano	Admissão e semestralmente	Desenvolver plano de carreira e promover treinamentos de capacitação.	12/12/2020	Em andamento	

Fonte: Própria, 2020.

O plano de ação 5w1h também conhecido como PDCA permitiu a visualização do problema de forma clara e objetiva, permitindo assim a tomada de decisão mais eficaz pelos empregados envolvidos no processo. Portanto, após a aplicação das ações faz necessário reavaliar a eficácia das ações (Figura 13).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a utilização das ferramentas da qualidade, foi possível obter uma visão ampla do problema no processo de carbonização da empresa. A folha de verificação possibilitou a coleta das temperaturas do forno, que posterior foi aplicado no controle estatístico do processo e possibilitou a identificação das causas especiais. Após identificação das causas especiais, foi possível por meio do diagrama de Ishikawa, a identificação das possíveis oscilações das temperaturas do processo, que culminou em plano de ação pautado na ferramenta 5W1H, que atribuiu clareza às atividades por meio do planejamento por escrito, facilitando a implantação das ações para tratar o problema na fonte.

Observou-se neste estudo de caso, que a empresa segue um critério isolado para limitar o controle de temperatura do forno de forma padronizada, não levando em consideração as características da matéria prima, fatores externos e estudo na literatura. Portanto percebe-se a necessidade de fazer o controle estatístico do processo de carbonização com mais frequência, de modo que o processo de carbonização seja conduzido dentro dos limites de tolerância, estabelecido pela ferramenta de controle de estabilidade do processo, tendo como parâmetro as normas regulamentadoras.

Este estudo de caso, confirma as teorias sobre o assunto que enfatizam a importância das ferramentas da qualidade em cada etapa do processo da organização, pois nesse sentido, percebe-se que o processo de carbonização da empresa em estudo está fora dos limites de controle. Portanto recomenda-se que seja tratado as possíveis causas identificadas nas ferramentas da qualidade, diagrama de Ishikawa e plano de ação 5w1h. Posterior deve-se coletar novas amostras a fim de verificar a eficácia do controle do processo de forma contínua.

Recomenda-se também, que a empresa faça levantamento da qualidade do carvão em termos de umidade, tiço e finos, levando em consideração os limites permitidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, bem como os limites aceitáveis pelo cliente final.

Conclui-se que o objetivo geral e específico deste trabalho foi atendido, pois as ferramentas da qualidade permitiram identificar os gargalos do processo e sugerir medidas de controle, visando obter um produto com qualidade em processo otimizado.

6 BIBLIOGRÁFIAS

LOSCHI, M. **Setor siderúrgico puxa alta de 50,5% no valor de produção do carvão vegetal em 2018**. 2019, Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/25477-setor-siderurgico-puxa-alta-de-50-5-no-valor-de-producao-do-carvao-vegetal-em-2018>>. Acesso em: 22 maio 2020.

ALBINA, E, D; RONZELLI, F.G.M. **Levantamento bibliográfico do uso das ferramentas da qualidade**. Revista do curso da administração – PUC Minas, Poços de Caldas, p. 15-43, edição 2014.

ANDRADE, T.N.H. et al. **Gestão por processos: Uma proposta de melhoria aplicada a uma pequena empresa do ramo de alimentação**. Sistema & Gestão Revista Eletrônica, v.10, n.2, p. 228-237, 2015.

BRITO, J.O. **Estudo das influências da temperatura, taxa de aquecimento e densidade da madeira de eucaliptos maculata e eucaliptos citriodora sobre os resíduos sólidos da pirólise**. Piracicaba, 1992, p.20, Dissertação (Obtenção de título de livre docente) – Escola Superior de Agricultura, São Paulo, SP, 1992.

_____. **Estudo das influências da temperatura, taxa de aquecimento e densidade da madeira de eucaliptos maculata e eucaliptos citriodora sobre os resíduos sólidos da pirólise**. Piracicaba, 1992, p.14, Dissertação (Obtenção de título de livre docente) – Escola Superior de Agricultura, São Paulo, SP, 1992.

BRUM, M.A.L.; SOARES, M.J.B. **Gestão de processos: Fatores que influenciam o sucesso na sua implantação**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, p. 2-14, 13 a 16 outubro 2018.

CASTRO, E. A. A. **PDCA como ferramenta de gestão da rotina**. 2015. P 2. Congresso Nacional de Excelência em Gestão. XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 13 a 14, agosto, 2015.

Carvão Vegetal. IBÁ – **Indústrias Brasileira de Arvores**. Disponível em: <<https://iba.org/carvao-vegetal-2>> Acesso: 01 de outubro 2020.

DUARTE, J.L.R; TEN, C.C. **Controle Estatístico do Processo**. Porto Alegre, 2012, p.5, dissertação (**Cartas de Controle para Variáveis, Cartas de Controle para Atributos, Função de Perda Quadrática, Análise de Sistemas de Medição**) –FEENG/UFRGS – Fundação Empresa Escola de Engenharia da UFRGS Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

FERREIRA, D. **Aplicação das Ferramentas da Qualidade para redução de perdas no setor de impressão Offset em uma empresa gráfica**. João Pessoa, 2019, p.25. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia em mecânica, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), 201

FONSECA, P. S. **Estudo da gestão da qualidade total e sua influência na produtividade industrial**. Trabalho de conclusão de curso (Especialista em Engenharia de Produção, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção), Ponta Grossa, 2017.

LOSCHI, M. **Setor siderúrgico puxa alta de 50,5% no valor de produção do carvão vegetal em 2018**. 2019, Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/25477-setor-siderurgico-puxa-alta-de-50-5-no-valor-de-producao-do-carvao-vegetal-em-2018>>. Acesso em: 22 maio 2020.

MAICZUCK, J.; ANDRADE, P.P.J. **Aplicação de ferramentas de melhoria de qualidade e produtividade nos processos produtivos: Um estudo de caso**. Qualit@s Revista Eletrônica, v.14, n. 1, p.4, 2013.

PEREIRA, A. L. R. et al. (2017) **A utilização do ciclo PDCA para a melhoria da qualidade na manutenção de Shuts**. Revista Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, SC, Brasil, v. 9, n. 18, p. 52 - 70, 2017.

PINTO, K.R; MORAES, L.D; NASCIMENTO, E.O. **Aplicação do controle estatístico de processo no monitoramento do peso médio de polpas de frutas: Um estudo realizado em uma empresa de médio porte**. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, p.4-16, outubro 2015.

POSSARTE, R. **Ferramentas da Qualidade**. SENAI-SP Editora, cap. 14, 2014.

PRADO, I. C; FERREIRA, L.C.A. **(Implementação do ciclo PDCA na gestão de estoque: Um estudo de caso Malharia Simone)**. Belo Horizonte, p. 4.

RODRIGUES, T. **Modelo de desenvolvimento de soluções conceituais de fornos de carbonização**. Ponta Grossa, 2019, p. 2, Dissertação (Doutorado em engenharia de produção) - Universidade Tecnológica Federal, Paraná, 2019. [Prof. Dr. Aldo Braghini Junior].

_____. **Modelo de desenvolvimento de soluções conceituais de fornos de carbonização**. Ponta Grossa, 2019, p. 30, Dissertação (Doutorado em engenharia de produção) - Universidade Tecnológica Federal, Paraná, 2019. [Prof. Dr. Aldo Braghini Junior].

SAMORA, K.A.C.; LEAL, F.; ALVES, D.A. **Mapeamento de processo: Uma abordagem para análise de processos de negócio**. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba, p.3-8, 23 a 25 outubro 2002.

SANTOS, S.F.M.S.; HATAKEYAMA, K. **Processo sustentável de produção de carvão vegetal quanto aos aspectos: ambiental, econômico, social e cultural**. Produção, v.22, n.2, p.2- 321, mar. /abril. 2012.

SELEME,R. Controle da qualidade: As ferramentas essenciais. 202, 2º ed., v.10, p. 67-180, 2012.

TROISN, G. S; SCHUSTER, M.M; PRADELLA, S. **Gestão da qualidade versus gestão por processos: metodologias unidas para dar maior competitividade à indústria** – Revista do secretariado executivo, Passos Fundos, p.52-64, n.9,2013

DIAS, C. **Estudo de caso de uma planta de carbonização: Avaliação de características e qualidade do carvão vegetal visando uso siderúrgico.** Disponível em: <[https://www.academia.edu/32645189/Estudo de Caso de uma Planta de Carboniza%C3%A7%C3%A3o Avalia%C3%A7%C3%A3o de Caracter%C3%ADsticas e Qualidade do C arv%C3%A3o Vegetal Visando Uso Sider3%BArgico](https://www.academia.edu/32645189/Estudo_de_Caso_de_uma_Planta_de_Carboniza%C3%A7%C3%A3o_Avalia%C3%A7%C3%A3o_de_Caracter%C3%ADsticas_e_Qualidade_do_Carv%C3%A3o_Vegetal_Visando_Uso_Sider%C3%BArgico)> Acesso em: 22 maio 2020.

BARBOSA, L. M. **Manual para recuperação de áreas degradadas em matas ciliares do estado de São Paulo.** São Paulo: Instituto de Botânica, 2006. 142 p.

BARROSO, F. G. **Ocorrência, distribuição e influência de plantas exóticas sobre a comunidade vegetal nativa do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, RJ.** 2009. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais), Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/RJ. 2009.

BRASIL. **Lei Nº 9.985**, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>>. Acesso em: 26 ago. 2014.

DECHOUM, S. M. Espécies exóticas invasoras In: KUNTSCHIK, D. P.; EDWARD, M. **Cadernos da Mata Ciliar.** Sec. Estado do Meio Ambiente, Coord. Biodiversidade e Recursos Naturais, Unidade de Coordenação do Projeto de Recuperação das Matas Ciliares. São Paulo SMA, n. 3, p. 4-11, 2010. Disponível em <http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Cadernos_Mata_Ciliar_3_Especies_Invasoras.pdf>. Acesso em 15 jul. 2014.

ESPINDOLA, M. B et al. Recuperação ambiental e contaminação biológica: Aspectos ecológicos e legais. **Biotemas**, v.18, n. 1, jan./feb., p. 27-38, 2005. Disponível em: <<http://egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/anexos/31315-35001-1-PB.pdf>>. Acesso em 20 ago. 2014.