

ANNA CAROLINA SILVESTRE PICANCIO

**GESTÃO DA QUALIDADE APLICADA À MELHORIA DO PROCESSO DE
PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

P585g
2011

Picancio, Anna Carolina Silvestre, 1983-
Gestão da qualidade aplicada à melhoria do processo de
produção de carvão vegetal / Anna Carolina Silvestre
Picancio. – Viçosa, MG, 2011.
xiv, 69f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Márcio Lopes da Silva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 64-69

1. Economia florestal. 2. Empresas - Administração.
3. Carvão vegetal. 4. Carvão vegetal - Custos. 5. Carvão
vegetal - Controle de qualidade. 6. Gestão da qualidade total.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

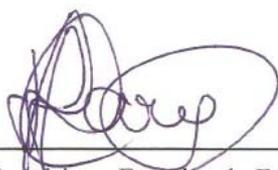
CDO adapt. CDD 634.989

ANNA CAROLINA SILVESTRE PICANCIO

**GESTÃO DA QUALIDADE APLICADA À MELHORIA DO PROCESSO DE
PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

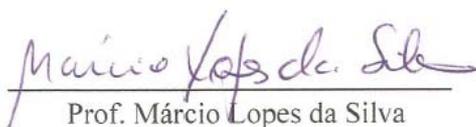
APROVADA: 09 de dezembro de 2011.



Prof. (a) Adriana Ferreira de Faria
(Coorientadora)



Prof. Cleverson de Mello Sant'Anna



Prof. Márcio Lopes da Silva
(Orientador)

Ao meu marido, Luís Eduardo;
Ao meu querido filho, Tiago;
Aos meus pais, Elizelena e Paulo Roberto;
Aos meus irmãos, Paulo Henrique e Margareth;
À minha sobrinha, Nathália,

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu pai e criador, por ter me dado a preciosidade da vida, por cuidar de mim e por mais esta vitória conquistada.

Ao Professor Márcio Lopes, pela orientação no desenvolvimento e conclusão do trabalho.

A Professora Adriana Ferreira de Faria, pelo empenho e dedicação na coorientação do trabalho e pelos ensinamentos.

A Professora Cassinha, pelo apoio e atenção na coorientação do trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro na execução do trabalho.

Ao meu marido, pelo companheirismo, apoio, confiança, conselhos e pelo imenso amor.

Ao amor da minha vida, meu filhinho Tiago, que está aguentando a barriga apertada enquanto fico aqui sentada corrigindo a dissertação.

Aos meus familiares, pelo apoio, carinho, estímulo, pelas palavras de conforto nos momentos difíceis e pela confiança depositada.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal, em especial a Ritinha e ao Alexandre, pela atenção e auxílio prestados sempre com muita atenção.

As minha amigas de coração Livinha, Mariana (Mainha) e Laélia, muito obrigada pela amizade verdadeira e pelo apoio nos momentos difíceis, vocês tornaram a jornada em Viçosa mais que especial.

BIOGRAFIA

ANNA CAROLINA SILVESTRE PICANCIO, filha de Paulo Roberto Picancio da Silva e Elizelena Silvestre Alves Picancio, nasceu em Araguari, Minas Gerais, em 17 de dezembro de 1983.

Em julho de 2004 ingressou no curso de Engenharia Florestal nas Faculdades Federais Integradas de Diamantina, hoje Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Em janeiro de 2005 ingressou na Universidade Federal de Viçosa dando continuidade ao curso de Engenharia Florestal, sendo o mesmo concluído em janeiro de 2009.

Em agosto de 2009 ingressou no Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal da UFV, onde obteve o título de Mestre em Ciência Florestal em 9 de dezembro de 2011.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE SIGLAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	7
3. REFERENCIAL TEÓRICO	8
3.1 Gestão da qualidade	8
3.2 Controle de processos	12
3.3 Gestão por processos.....	16
3.4 Indicadores do processo	18
3.5 Itens de controle	19
3.6 Itens de verificação	19
3.7 Limites de especificação	20
3.8 Controle de qualidade no setor florestal.....	20
3.9 Método gerencial - PDCA.....	21
3.10 Método gerencial - SDCA.....	22
3.11 Ferramentas da qualidade.....	22
3.11.1 Mapas do processo	23
3.11.2 Estratificação.....	24
3.11.3 Folhas de verificação	24
3.11.4 Diagrama de Pareto.....	24

3.11.5 Histograma	25
3.11.6 Diagrama de causa e efeito	25
3.11.7 Diagramas de dispersão.....	26
3.11.8 Gráficos de controle	26
3.12 Processo de produção de carvão vegetal	27
3.13 Padrões de qualidade do carvão vegetal para uso na siderurgia	28
3.14 Custos da qualidade.....	30
3.14.1 Classificação dos custos da qualidade.....	32
3.15 Importância da avaliação dos custos da qualidade.....	34
4. METODOLOGIA	36
5. RESULTADOS.....	40
6. CONCLUSÕES	63
7. REFERÊNCIAS	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Área e distribuição de plantios florestais (<i>Eucalyptus</i> e <i>Pinus</i>) no Brasil no ano de 2010.....	5
Figura 2: A importância das medições para o gerenciamento de um processo produtivo.....	1
Figura 3: Organograma mostrando o relacionamento do Gerenciamento Funcional e Departamental.....	1
Figura 4: Subprocessos do processo de produção de carvão vegetal.....	40
Figura 5: Carregamento do forno.....	1
Figura 6: Forno em processo de carbonização.....	1
Figura 7: Carvão depositado na praça, após descarga do forno.....	1
Figura 8: Carregamento da carreta para transporte do carvão até a siderúrgica.....	1
Figura 9: Mapa do processo de produção de carvão vegetal.....	44
Figura 10: Diagrama do processo de produção de carvão vegetal.....	46
Figura 11: Gráfico sequencial da densidade à granel.....	48
Figura 12: Gráfico sequencial da densidade aparente.....	48
Figura 13: Gráfico sequencial da resistência mecânica.....	49
Figura 14: Gráfico sequencial da umidade.....	49
Figura 15: Gráfico sequencial de materiais voláteis.....	50
Figura 16: Gráfico sequencial de carbono fixo.....	50
Figura 17: Gráfico sequencial de cinzas.....	51
Figura 18: Gráfico sequencial de finos (% Peso).....	51
Figura 19: Gráfico sequencial de Finos (% em volume).....	52
Figura 20: Gráfico de Pareto com o percentual de não conformidade de cada item de controle.....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Características das eras da gestão da qualidade.....	11
Quadro 2: Indicadores de desempenho do processo.....	45
Quadro 3: Itens de controle observado no processo de produção de carvão vegetal..	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Correlações entre as variáveis do processo (itens de verificação) e as características de qualidade do carvão vegetal (itens de controle).....	55
Tabela 2: Custos de avaliação no processo de produção de carvão.....	57
Tabela 3: Custos de prevenção no processo de produção de carvão vegetal.....	58
Tabela 4: Custos de falhas no processo de produção de carvão vegetal.....	59

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRAF - Associação Brasileira de Produtos de Florestas Plantadas

CEP - Controle Estatístico de Processo

Cpk - Índice de capacidade do processo

CH₄ - Metano

CO - Monóxido de carbono

CO₂ - Dióxido de carbono

FNQ - Fundação Nacional da Qualidade

H₂ - Hidrogênio

ISO - *International Organization for Standardization*

ISOTS - *ISO (International Organization for Standardization) technical specification*

IPU - Instrução pré-uso

MDC - Metro de carvão

NR - Norma regulamentadora

PIB - Produto Interno Bruto

TQM - *Total Quality Management*

RESUMO

PICANCIO, Anna Carolina Silvestre, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2011. **Gestão da qualidade aplicada à melhoria do processo de produção de carvão vegetal.** Orientador: Márcio Lopes da Silva. Coorientadores: Angélica de Cássia Oliveira Carneiro e Adriana Ferreira de Faria.

O setor florestal contribui de forma significativa para o Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, bem como para a geração de emprego e renda. As pesquisas para esse setor trouxeram inúmeros avanços tecnológicos em áreas como: silvicultura, melhoramento genético, manejo de solo e recursos hídricos. Porém, poucos estudos se dedicaram ao estudo das tecnologias de gestão, responsáveis pelo aumento da eficiência, produtividade e competitividade das organizações. Torna-se importante difundir junto ao setor florestal conhecimentos na área de gestão empresarial, visando aumentar a competitividade do setor e melhorar a utilização das florestas energéticas do Brasil por meio da melhoria da qualidade dos processos de produção. Dessa forma, essa pesquisa teve como objetivo geral estudar a aplicação da metodologia de gestão por processos, no processo de produção de carvão vegetal, visando contribuir para a melhoria da qualidade. A pesquisa foi desenvolvida em uma empresa do setor florestal, que possui unidades de carbonização, com produção de carvão vegetal para siderurgia. Foi elaborado o mapa do processo de produção de carvão vegetal, identificaram-se dados relativos aos indicadores de desempenho, diferenciando-os em itens de controle e itens de verificação. Para os itens de controle, foram construídos gráficos sequenciais, de acordo com os limites de especificação determinados pelo cliente, foram realizadas análises de correlação para verificar a relação de causa e efeito entre os itens de verificação e os itens de controle

e aplicado o teste Tukey a 5% de probabilidade. Ainda dentro do escopo da pesquisa, foi feita a identificação qualitativa dos custos da qualidade do processo em estudo. Foi possível observar que os índices de conformidade, com relação aos requisitos dos clientes, variaram de acordo com o item de controle analisado. Para a densidade à granel 83% dos dados estavam fora dos limites de especificação, densidade aparente 100%, resistência mecânica 10 %, materiais voláteis 49%, carbono fixo 46%, cinzas 20%, finos (% de peso) 39%, finos (% de volume) 52% dos dados fora dos limites de especificação, já para o percentual de umidade 100% dos dados estavam dentro dos limites de especificação. Foi observado que, para a maioria dos itens de controle, o processo não está atendendo as especificações do cliente. Conforme a análise de correlação entre os indicadores, confirmou-se a importância do acompanhamento dos itens de verificação do processo e da necessidade de acompanhamento de novos itens de verificação, pois esses afetam a qualidade do produto final. Por meio do acompanhamento do processo, foi possível identificar qualitativamente os custos de avaliação, prevenção e falhas do processo, permitindo que no futuro a empresa possa direcionar melhor o gerenciamento do processo de produção.

ABSTRACT

PICANCIO, Anna Carolina Silvestre, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, december, 2011. **Quality management applied to improve the production process of charcoal.** Advisor: Márcio Lopes da Silva. Co-advisors: Angélica de Cássia Oliveira Carneiro and Adriana Ferreira de Faria.

The forestry sector contributes significantly to the Brazilian Gross Domestic Product (GDP), as well as to generate employment and income. The research for this sector brought numerous technological advances in areas such as forestry, plant breeding, soil management and water resources. However, few studies have studied management, responsible for increasing the efficiency, productivity and competitiveness of organizations. It is important to spread along the forest sector knowledge in business management, to increase the competitiveness of the sector and improve the use of energy forests of Brazil by improving the quality of production processes. Thus, this research aimed to study the application of the methodology of process management in the process of charcoal production in order to contribute to the improvement of quality. The study was conducted in a company in the forestry sector, which has units of carbonization, with production of charcoal for the steel industry. Process map was prepared to the charcoal production, was identified data on performance indicators, differentiating them into control items and check items. For control items, sequential plots were constructed according to the specification limits determined by the client, correlation analyzes were performed to investigate the relationship of cause and effect relationship between the items of verification and control items and applied the Tukey test to 5% probability level. Also within the scope of the research was done qualitative identification of quality

costs of the process under study. It was observed that rates of compliance with respect to customer requirements, varied according to the control item analyzed. For the bulk density, 83% of the data were out of specification limits, apparent density 100%, strength 10%, volatiles 49%, fixed carbon 46%, ash 20%, fines (% weight) 39%, fines (volume %) 52% of the data were outside the specification limits, as to the percentage of humidity data 100 % were within specification limits. It was observed that, for most of the control items, the process is not compliance with customer specifications. As the correlation analysis between indicators, was confirmed the importance of following up verification items process and the need for follow-up new verification items, because these affect the quality of the final product. Through the monitoring process, it was possible to qualitatively identify the costs of assessment, prevention and process failures, allowing in the future the company can improve the management of the production process.

1. INTRODUÇÃO

O processo de globalização, a abertura de mercados e conseqüentemente a maior concorrência entre as organizações, tem colocado o gerenciamento da qualidade em destaque, em função de sua importância para o aumento de competitividade. Quando uma organização investe recursos no controle de qualidade de seus processos administrativos e produtivos, ela ganha em competitividade tanto por aumentar a eficiência dos seus processos, reduzindo a utilização de recursos, eliminando os desperdícios e reduzindo as falhas, quanto por aumentar a satisfação dos seus clientes.

O gerenciamento de qualquer empresa deve ter como missão a satisfação das necessidades dos seres humanos (CAMPOS, 2009). Ou seja, o foco das organizações deveria ser satisfazer as necessidades dos “*stakeholders*”, ou partes interessadas, que são os clientes, os empregados, os acionistas e a sociedade. Para uma empresa garantir a satisfação dos seus acionistas, gerando lucros e, ainda, garantir a satisfação dos seus clientes, gerando produtos que satisfaçam suas necessidades, as empresas devem garantir a eficiência e a eficácia dos seus processos.

A gestão da qualidade é uma estratégia para as empresas se manterem produtivas e competitivas no atual mercado globalizado, pois a implantação de um programa de melhoria da qualidade pode eliminar desperdícios, reduzir a produção de produtos não conformes e diminuir a necessidade de realização de inspeção. De acordo com Campos (1992), uma empresa não pode apenas exigir os melhores

resultados das pessoas, ela deve utilizar métodos que garantam a sobrevivência da organização e gerenciar pela qualidade é gerenciar pela sobrevivência.

De simples conjunto de ações operacionais, centradas e focalizadas em pequenas melhorias do processo produtivo, a qualidade passou a ser vista como um dos elementos fundamentais do gerenciamento das organizações, tornando-se fator crítico para a sobrevivência não só das empresas, mas também de produtos, processos e pessoas. Esta nova perspectiva do conceito e da função básica da qualidade decorre, diretamente da crescente concorrência que envolve os ambientes em que atuam as organizações (CARVALHO e PALADINI, 2005).

A gestão da qualidade evoluiu ao longo do século XX, passando por estágios marcantes: a inspeção do produto, o controle do processo, os sistemas de garantia da qualidade e a gestão da qualidade total. A gestão da qualidade total (ou TQM – *Total Quality Management*) e os sistemas de gestão da qualidade da série ISO 9000 são resultados importantes dessa evolução, que tem sido largamente adotada por inúmeras organizações no Brasil e no exterior, como parte da estratégia da empresa para ganhar ou aumentar a competitividade (CARPINETTI et al., 2007).

De acordo com Campos (1992), o verdadeiro critério da boa qualidade é a preferência do consumidor, onde a preferência dos consumidores por um produto em relação aos concorrentes garante a sobrevivência da organização. Sendo assim, a qualidade está presente nas análises feitas de produto, tanto pelos clientes quando pelas empresas. Uma forma para garantir a qualidade do resultado final, o produto, é gerenciar e garantir a qualidade dos meios, os processos.

Com o objetivo de auxiliar as organizações na implantação de seus sistemas de gestão da qualidade, foram lançadas, em 1987, as normas ISO de gestão da qualidade. A ISO (*International Organization for Standardization*), organização formada por representantes de 91 países, promove o desenvolvimento de normas, testes e certificação visando contribuir com o comércio de bens e serviços (HUTCHINS, 1994). Esta organização criou a série de normas para sistemas de gestão da qualidade, conhecidas como série ISO 9000. Pelas normas ISO 9000, qualidade é a totalidade dos fatores e características do produto ou serviço, que lhe confere a capacidade de satisfazer determinadas necessidades (ROTHERY, 1993).

O conjunto das normas ISO 9000 é composto por:

- ISO 9000 - Sistemas de Gestão da Qualidade - Fundamentos, termos técnicos e vocabulário.
- ISO 9001 - Sistemas de Gestão da Qualidade - Requisitos para a certificação.
- ISO 9004 - Sistemas de Gestão da Qualidade - Diretrizes para a melhoria de desempenho.

De acordo com Carpinetti, et al. (2007) a norma ISO 9001 contém os requisitos de gestão que compõem o sistema de gestão da qualidade estabelecido como modelo pela ISO e tem por finalidade a certificação de sistemas da qualidade em diversas organizações. Segundo o autor, o sistema de qualidade da ISO 9001 é genérico, podendo assim ser aplicado a todas as organizações, independente do setor de atuação e porte da organização. Existem normas para alguns setores específicos como, por exemplo, a ISOTS 16949, que é específica ao setor automobilístico, sendo baseada na ISO 9001.

Os princípios de gestão da qualidade podem ser utilizados pela alta direção para conduzir a organização à melhoria do seu desempenho, esses princípios são oito e consistem basicamente em: foco no cliente, liderança, envolvimento de pessoas, abordagem de processo, abordagem sistêmica para a gestão, melhoria contínua, abordagem factual para tomada de decisão, benefícios mútuos nas relações com os fornecedores. Estes oito princípios de gestão da qualidade formam a base para as normas de sistema de gestão da qualidade na família NBR ISO 9000 (ABNT, 2000).

De acordo com os princípios da gestão da qualidade, conforme a ISO 9000, um dos métodos utilizados na garantia da qualidade organizacional, que é o foco desse trabalho, é a Gestão por Processos. Este método é uma ferramenta gerencial que permite mapear, acompanhar, padronizar e identificar oportunidades de melhorias para os processos críticos da organização, visando à melhoria contínua dos processos, o que vai garantir um resultado satisfatório aos clientes dos processos.

São poucos os estudos que se dedicaram à aplicação dos princípios da gestão da qualidade no setor florestal. Torna-se importante difundir junto a este setor conhecimentos na área de gestão empresarial, visando aumentar a competitividade do setor e melhorar a utilização das florestas energéticas do Brasil por meio da melhoria da qualidade dos processos de produção.

O setor florestal era pouco expressivo dentro da economia brasileira, porém com a criação dos incentivos fiscais no final da década de 60, que teve como

objetivos diminuir a exploração indiscriminada dos recursos florestais naturais e implantar florestas de rápido crescimento, o setor tomou um impulso. Hoje, o setor disponibiliza produtos importantes para a sociedade como, celulose, papel, madeira serrada, painéis, resinas, óleos essenciais e ainda uma fonte renovável de energia que é o carvão vegetal.

O ramo de atividade da siderurgia é um dos consumidores da matéria-prima florestal, na medida em que utiliza carvão vegetal como um insumo do seu processo produtivo, funcionando como bio redutor na produção de aço. Segundo Ladeira (2002), antes a siderurgia aproveitava madeira de desmatamentos que eram realizados para a substituição das florestas em atividades agrícolas. A partir da criação do Código Florestal em 1965, ficou estabelecido o controle da cobertura vegetal, a partir desse momento iniciaram-se os plantios florestais com a finalidade de suprir matéria-prima para as siderúrgicas.

Com a crise financeira que abalou todo o mundo no ano de 2008, as exportações de produtos madeireiros como celulose, produtos siderúrgicos e móveis sofreram reduções, porém, no ano de 2010, ficou evidenciada a retomada do crescimento do setor florestal. De acordo com o anuário estatístico de 2011 da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas em 2010 foram mais de 4,5 milhões de empregos gerados no setor e um valor bruto de produção de R\$ 51,8 bilhões. A área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus*, as duas espécies mais plantadas no Brasil, foi de 6.510.693 ha, o que representa um aumento de 3,2 % com relação ao ano de 2009. Dentre os estados brasileiros, o de Minas Gerais é o que possui maior área plantada, totalizando 1.536.310 ha (ABRAF, 2011). Na Figura 1 é possível identificar a área e distribuição de plantios florestais (*Eucalyptus* e *Pinus*) no Brasil no ano de 2010.

Dentre os estudos de relevância desenvolvidos na área de qualidade no setor florestal, é possível citar a dissertação defendida por Jacovine (1996) (*Desenvolvimento de uma Metodologia para Avaliação dos Custos da Qualidade na Colheita Florestal Semimecanizada*), a dissertação defendida por Trindade (1993) (*Desenvolvimento de um sistema de Controle de Qualidade para a Atividade Florestal*) e a dissertação defendida por Paula (1997) (*Metodologia para Determinação dos Custos da Qualidade em Produção de Mudas de Eucalipto*). A importância de um maior conhecimento da qualidade para o setor florestal tende a acrescentar ganhos significativos na eficiência e qualidade da produtividade.

A atividade de produção de carvão vegetal no Brasil muitas vezes esteve associada a condições desumanas de trabalho e a um processo rústico de produção. Hoje, a realidade é diferente, têm sido adotadas novas tecnologias no processo de produção do carvão gerando assim, melhores condições de trabalho e um produto final de melhor qualidade. Porém, ainda são incipientes os estudos sobre gestão da qualidade em processos de produção de carvão, os quais poderiam contribuir para uma maior eficiência econômica no processo de produção de carvão vegetal no Brasil.

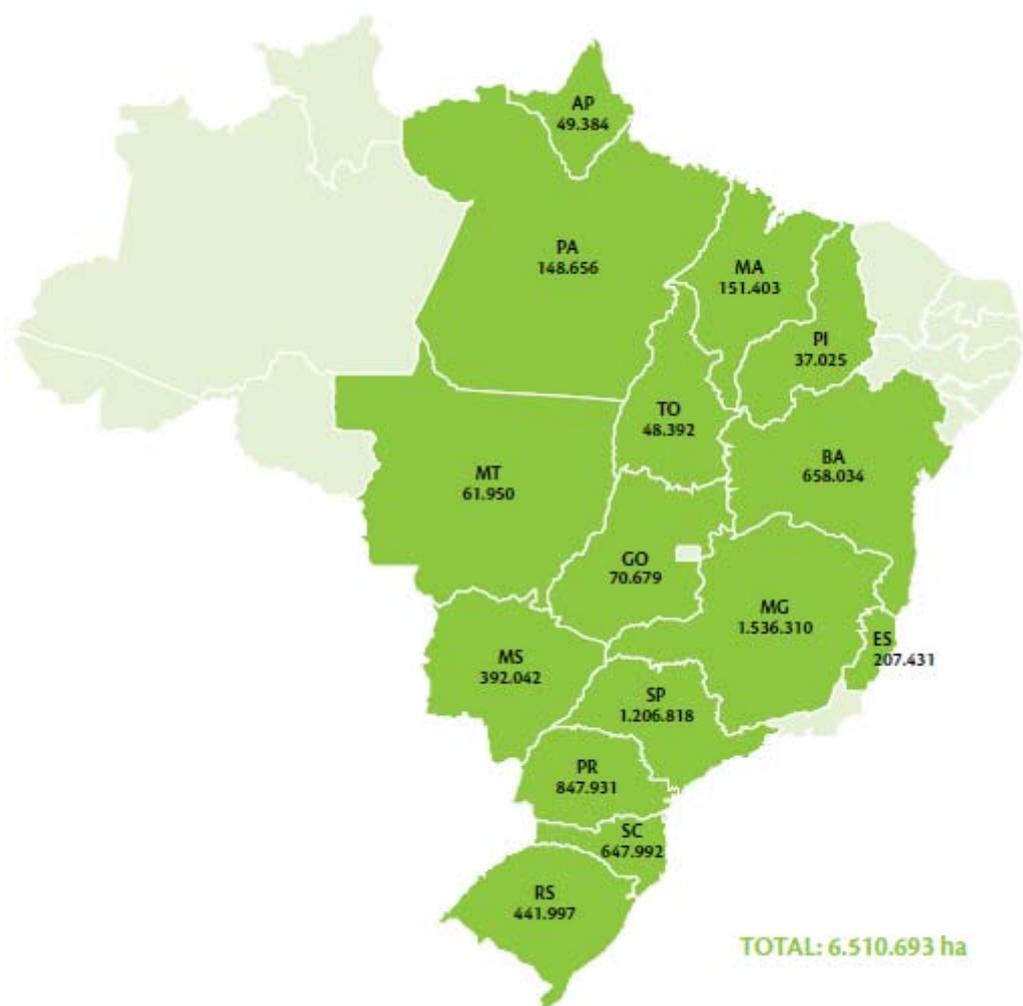


Figura 1: Área e distribuição de plantios florestais (*Eucalyptus* e *Pinus*) no Brasil no ano de 2010.

Fonte: Associadas individuais e coletivas da ABRAF (2011) e diversas fontes compiladas por Pöyry Silviconsult (2011), citado por ABRAF (2011).

É notória a necessidade de um maior empenho de pesquisadores do setor florestal para a gestão da qualidade, partindo do princípio de uma melhor adaptação das ferramentas e estudos já desenvolvidos para o setor industrial. Neste sentido, a universidade apresenta-se como uma grande aliada no desenvolvimento desta nova filosofia gerencial de gestão da qualidade florestal.

O domínio das variáveis do processo de carbonização e o acompanhamento dos indicadores de desempenho podem auxiliar na gestão do processo, aumentando assim o seu rendimento e maximizando ganhos, o que aumenta a competitividade do termo redutor brasileiro e leva a uma melhor utilização das florestas energéticas no Brasil. O objetivo de se gerenciar um processo é melhorar os níveis de qualidade praticados pela empresa, reduzir a variabilidade e os custos com retrabalho de produtos que não atendem o padrão de qualidade.

2. OBJETIVOS

Considerando o exposto na introdução, esse trabalho teve como objetivo geral estudar a aplicação da metodologia de gestão por processos em uma empresa do setor florestal, com foco no processo de produção de carvão vegetal, visando contribuir para a melhoria da qualidade na empresa.

Foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Mapear o processo de produção de carvão vegetal;
- Identificar os principais indicadores de eficiência do processo, considerando os itens de controle e verificação;
- Diagnosticar a situação atual do processo, por meio da análise dos dados dos indicadores;
- Avaliar qualitativamente os custos da qualidade do processo em estudo.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Gestão da qualidade

No atual cenário empresarial, altamente competitivo e globalizado, o sucesso das empresas e organizações depende da evolução contínua do empreendimento, bem como de sua competência em conseguir colocar no mercado produtos e serviços que satisfaçam e mantenham os clientes, respeitando o meio ambiente e os critérios de qualidade. A competitividade da organização pode ser alcançada com a inovação tecnológica e organizacional, a modernização e inovação de produtos e processos e serviços, o investimento em capacitação humana e o aumento de produtividade. Para tal, é necessário o aporte de conhecimento e capital financeiro (FARIA et al., 2009).

Desta forma, competitividade é a palavra de ordem para as organizações. A empresa competitiva é aquela que oferece os melhores produtos e serviços dentro de um custo aceitável, com critérios de qualidade, segurança e prazo definidos pelos clientes. Parece natural concluir que maior competitividade pode ser obtida pela empresa com a implantação de um sistema de gestão da qualidade, que se tornou a inovação organizacional mais almejada pelas empresas (FARIA et al., 2008). Inovações organizacionais referem-se às mudanças que ocorrem na estrutura gerencial da empresa, na forma de articulação entre as áreas gerenciais e produtivas, na especialização dos trabalhadores, bem como na humanização do trabalho, no relacionamento com fornecedores e clientes e nas múltiplas técnicas de organização dos processos de negócios e de produção (TIGRE, 2006).

Por meio da implementação de sistemas de gestão da qualidade em toda a organização é possível diminuir o número de produtos e serviços fora de especificações, reduzir ou eliminar retrabalhos, aumentar a qualidade dos produtos e serviços e, portanto, seu valor, reduzir o número de medições e inspeções, melhorar o clima motivacional dos trabalhadores, controlar os processos e atender aos requisitos, necessidades e desejos dos clientes. Desta forma, através da gestão da qualidade é possível aumentar a produtividade das organizações e a satisfação dos clientes, conseqüentemente sua competitividade no mercado. Qualidade e produtividade são as bases fundamentais para a competitividade (FARIA et al., 2008).

A classificação temporal mais adotada para classificar a evolução da gestão qualidade, a divide em quatro eras: inspeção, controle estatístico da qualidade, garantia da qualidade e gestão da qualidade, que estão descritas no Quadro 1.

O conceito de qualidade também evoluiu ao longo das décadas. Até o início dos anos 50, a qualidade do produto era entendida como sinônimo de perfeição técnica. A partir da década de 50, percebeu-se que qualidade deveria estar associada não apenas ao grau de perfeição técnica, mas também ao grau de adequação aos requisitos do cliente. Qualidade então passou a ser conceituada como satisfação do cliente quanto à adequação do produto ao uso (CARVALHO e PALADINI, 2005).

A evolução do controle da qualidade no ocidente, especialmente nos EUA, aconteceu principalmente devido à perda de produtividade e de mercado das empresas americanas para os seus concorrentes japoneses, com produtos de qualidade e confiabilidade superiores. O desempenho da indústria japonesa tornou-se um claro exemplo de como a satisfação dos clientes quanto à qualidade do produto poderia ser usada como instrumento de vantagem competitiva (CARPINETTI et al., 2007).

A implantação do Sistema de Gestão da Qualidade pode ser orientada pela norma ISO 9001:2008. Para a implementação das normas internacionais de qualidade ISO 9001 torna-se necessário a adoção da abordagem de processo para a gerência da organização. A implantação da ISO 9001 implica organizar as atividades em processos (mapear os processos) e as interações entre estes de forma a construir um sistema de qualidade, com o objetivo de satisfazer as necessidades e expectativas das partes interessadas, em especial do cliente, e de melhorar continuamente a eficácia e eficiência no atendimento dessas necessidades e expectativas, por meio do

estabelecimento de objetivos mais desafiadores e da tomada de ações corretivas e preventivas, em um processo recorrente (ABNT, 2008).

Quadro 1. Características das eras da qualidade (CARVALHO e PALADINI, 2005)

Características Básicas	Interesse principal	Visão da qualidade	Ênfase	Métodos	Papel dos profissionais da Qualidade	Quem é o responsável pela qualidade
Inspeção	Verificação	Um problema a ser resolvido.	Uniformidade do produto.	Instrumentos de medição.	Inspeção, classificação, contagem, avaliação e reparo.	O departamento de inspeção.
Controle da Qualidade	Controle	Um problema a ser resolvido.	Uniformidade do produto, com menos inspeção.	Ferramentas e técnicas estatísticas.	Solução de problemas e aplicação de métodos estatísticos.	Os departamentos de fabricação e engenharia (o controle da qualidade).
Garantia da Qualidade	Coordenação	Um problema a ser resolvido, mas que é enfrentado pró-ativamente.	Toda cadeia de fabricação, desde o projeto até o mercado, e a contribuição de todos os grupos funcionais para impedir falhas de qualidade.	Programas e sistemas.	Planejamento, medição da qualidade e desenvolvimento de programas.	Todos os departamentos com a alta administração se envolvendo superficialmente no planejamento e na execução das diretrizes da qualidade.
Gestão da Qualidade	Impacto estratégico	Uma oportunidade de diferenciação da concorrência.	As necessidades de mercado e do cliente.	Planejamento estratégico, estabelecimento de objetivos e a mobilização da organização.	Estabelecimento de metas, educação e treinamento, consultoria a outros departamentos e desenvolvimento de programas.	Todos na empresa com a alta administração exercendo forte liderança.

3.2 Controle de processos

O controle da qualidade visa analisar, pesquisar e prevenir a ocorrência de defeitos em processos e produtos, sendo análise e pesquisa atividades meio e a prevenção a atividade fim do controle de qualidade (PALADINI, 2008).

Processo é um conjunto de causas que provocam um ou mais efeitos, e a essência do gerenciamento em todos os níveis da empresa é o controle de processo, sendo que esse é controlado através de seus efeitos que devem ser medidos e avaliados (CAMPOS, 1992).

Segundo Gonçalves (2000), a definição dos processos básicos é essencial para algumas estratégias de aperfeiçoamento do funcionamento das empresas, já que grupos de recursos serão alocados a eles, tanto para execução como para gestão. A utilização do conceito de processos fornece um conveniente nível de análise, além do que, possibilita ter uma melhor visão do comportamento gerencial, mais integrada e abrangente. Para o autor, é importante identificar o processo como a maneira comum de realizar o trabalho para definir a forma básica de organização das pessoas e demais recursos da empresa. O processo é um conceito fundamental no projeto dos meios pelos quais uma empresa pretende produzir e entregar seus produtos e serviços aos seus clientes.

De acordo com Werkema (2006), as decisões envolvidas no gerenciamento dos processos produtivos devem ser baseadas em dados, sendo assim, a tomada de decisão será determinada pela análise dos dados do processo, como esquematizado na Figura 2

Pode-se observar pela figura que as medições são feitas de acordo com as características de interesse do produto e os dados coletados são analisados gerando informações sobre a situação atual do processo e daí sim é tomada alguma decisão estratégica.

Controlar um processo significa mantê-lo sob vigilância, visando assegurar que ele se comporte conforme o desejado, sendo que para o efetivo controle de um processo as seguintes etapas devem ser seguidas: observação ou medição, avaliação ou comparação, análise e decisão e finalizando com a ação e correção (ROTONDARO et al., 2006).

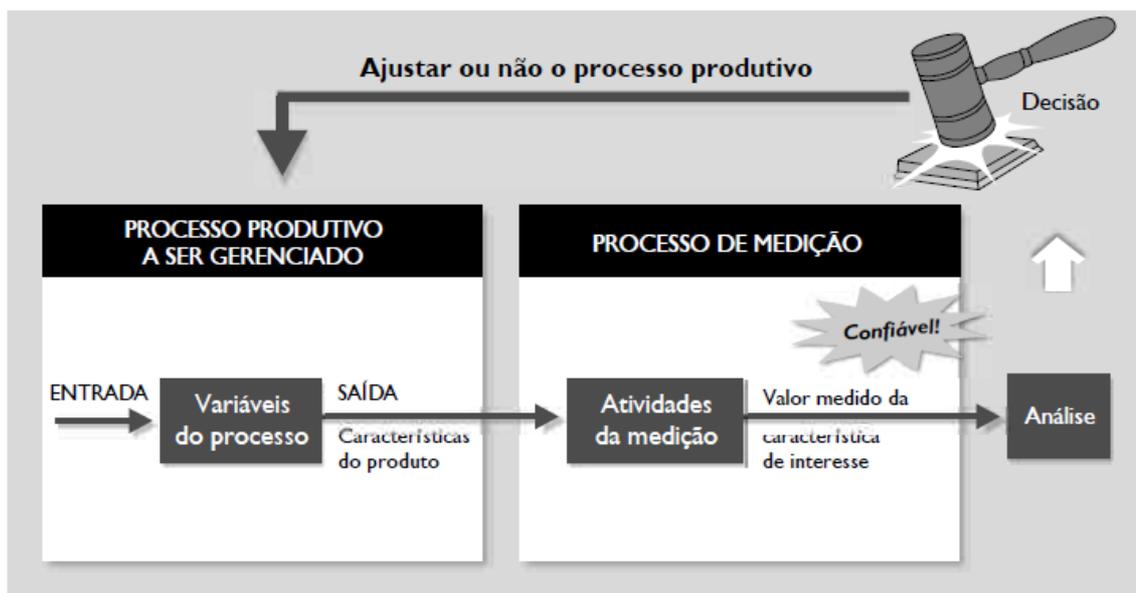


Figura 2: A importância das medições para o gerenciamento de um processo produtivo. **Fonte:** Werkema (2006).

De acordo com o mesmo autor, na etapa de observação são quantificadas as saídas do processo; na avaliação as saídas são confrontadas com o padrão preestabelecido; na etapa de análise é verificada a existência de diferenças entre as saídas do processo e os padrões preestabelecidos e ainda são levantadas as causas e ações corretivas e finalizando na etapa de ação são tomadas as ações corretivas sob as diferenças encontradas.

O enfoque do controle de processos é a prevenção de defeitos e atuação no momento da produção, uma vez que é mais barato e fácil fazer certo da primeira vez ao invés de inspecionar o lote de produtos no final da produção, separando os bons dos ruins, sendo que os ruins serão descartados ou retrabalhados, o que caracteriza o chamado controle do produto e não de processo (RAMOS, 2000).

Conforme Paladini (2008) o controle com abordagem centrada no processo prioriza o processo produtivo e os aspectos a ele relacionados, como por exemplo, o atendimento às especificações, se um processo não pode desenvolver um produto conforme suas especificações, automaticamente a qualidade estará comprometida. Sendo assim, o controle de processo prevê o empenho para se produzir um produto que atenda as especificações e seja isento de defeitos, com o objetivo de satisfazer plenamente os clientes.

Existe uma inter-relação entre as variáveis do processo e do produto, sendo assim, a avaliação do processo envolve tanto a observação das variáveis do processo bem como a inspeção do produto, com o objetivo de fornecer dados que embasarão a

tomada de decisão sobre o produto, se este está de acordo com as especificações, e sobre o processo, se deve prosseguir ou parar (JURAM e GRZYNA, 1992).

Para garantir a qualidade do processo, as organizações devem interpretar as necessidades do consumidor, percebendo a visão do mercado e qualidade do produto, transformar essa definição de qualidade em um projeto do produto, com suas especificações, projetar um processo que seja viável tecnicamente e economicamente e garantir meios para controlar a qualidade do processo (ELLENRIEDER et al., 1998).

A organização deve conhecer todos os processos que fazem parte da empresa e que, portanto levam a produção do produto ou serviço, isto é, devem concentrar esforços em seus processos-chaves, considerando os fatores críticos de sucesso diante do cliente. Neste sentido, a “fábrica oculta” deve ser descoberta por meio do mapeamento dos processos e com a elaboração de fluxogramas que considerem os fluxos de materiais e informações, assim como os clientes internos e externos e suas necessidades. Uma vez identificados os processos e suas atividades que agregam valor de acordo com os requisitos dos clientes, estes devem ser padronizados, a fim de reduzir ou eliminar a variabilidade dos mesmos. O mapeamento dos processos e a padronização representam as primeiras etapas para as organizações que desejam implantar sistemas de gestão da qualidade (FARIA et al., 2008).

Na gestão da qualidade, existe uma relação importante e crucial entre o processo de produção e as exigências do consumidor. De acordo com Carvalho e Paladini (2005), características importantes do produto ou do processo devem ser definidas concretamente e mensuradas, pois a qualidade será assegurada com a minimização da variabilidade destas características. O estudo da variabilidade dos processos pode ser conduzido com a utilização das ferramentas estatísticas da qualidade.

A variabilidade, também denominada variação ou dispersão, está presente em todos os processos de produção de bens e prestação de serviços. Ela é a causa da fabricação de produtos defeituosos. Um produto será considerado defeituoso se as suas características da qualidade não satisfizerem a uma determinada especificação. A redução da variabilidade dos processos envolve a coleta, o processamento e a disposição de dados, para que as causas fundamentais de variação possam ser identificadas, analisadas e bloqueadas. Portanto, o emprego de ferramentas

estatísticas contribui para que a redução da variabilidade possa ser alcançada de forma eficaz (WERKEMA, 1995).

De acordo com Campos (1992), processo é um conjunto de causas que provoca um ou mais efeitos. O produto do processo pode ser denominado de efeito e o processo pode ser dividido em um conjunto de causas: insumos, equipamentos, informações do processo ou medidas, condições ambientais, pessoas e métodos ou procedimentos.

Para o aprimoramento e controle do processo produtivo por meio da identificação das diferentes fontes de variabilidade do processo utilizam-se conceitos de estatística, pois seu uso auxilia a separar os efeitos da variabilidade causada pelas chamadas causas comuns, ou seja, àquelas inerentes à natureza do processo produtivo, das causas especiais, aquelas derivadas da atuação de variáveis específicas e controláveis sobre o processo.

Segundo Rados (2000) e Almeida (2002) *apud* Faria et al. (2006), os processos podem ser classificados e organizados em:

- Macroprocesso – é aquele que normalmente envolve mais de uma função na organização, possuindo impacto significativo nas demais atividades. Dependendo da complexidade, o macroprocesso é dividido em subprocessos.
- Subprocesso – divisões do macroprocesso com objetivos específicos, organizadas seguindo linhas funcionais. Os subprocessos recebem entradas e geram saídas em um único departamento e podem ser divididos nas diversas atividades que os compõem.
- Atividades – são procedimentos que ocorrem dentro do processo ou subprocesso, geralmente desempenhadas por uma pessoa ou departamento, para produzir um resultado particular. Elas constituem a maior parte dos fluxogramas.
- Tarefa – é uma parte específica do trabalho, ou melhor, o menor micro enfoque do processo, podendo ser um único elemento e/ou um subconjunto de uma atividade.

De acordo com a visão de Slack et al. (2002), pode-se dizer que o controle do processo é usualmente o método preferido para controlar qualidade, pois a qualidade está sendo construída no processo ao invés de ser inspecionada ao final. Para Campos (1992), o controle do processo é a essência do gerenciamento em todos os níveis da empresa e o primeiro passo para entender o controle do processo é

compreender que sempre existirá o relacionamento causa-efeito (fim, resultado), ou seja, um conjunto de causas (meios) podem ter influenciado o resultado (fim).

Segundo Juran e Gryna (1991), o controle de processo é a prevenção de mudanças indesejadas e adversas, manutenção do “*status quo*”, ou seja, de um estado estável. Por outro lado, o aperfeiçoamento do processo é constituído pelo planejamento e criação de mudanças benéficas e desejáveis. Além disso, o autor cita que sem o controle estatístico não existe processo de produção consistente.

3.3 Gestão por processos

Existem duas responsabilidades básicas de um gerente, uma é garantir que os processos sejam estáveis e confiáveis e a outra é levantar, priorizar e resolver problemas de sua área de responsabilidade, sendo assim, gerenciar é resolver problemas (CAMPOS, 2009). Segundo o mesmo autor, problemas são resultados indesejáveis e podem ser de dois tipos, o “bom problema” quando os gerentes fazem o levantamento de suas lacunas e visa melhorar o desempenho da empresa, e o “problema ruim” que são desvios de consistência das operações, como por exemplo, quando um produto sai de suas especificações.

As organizações são gerenciadas na vertical onde se identificam os departamentos, conhecida como visão “departamental” e na horizontal, conhecida como visão “interdepartamental” onde se podem visualizar a interligação dos processos da empresa. A gestão por processos prevê um gerenciamento na horizontal, identificando o inter-relacionamento dos processos, tendo como foco principal a satisfação dos clientes. É possível visualizar essas duas maneiras de enxergar uma organização na Figura 3.

Todas as atividades inter-relacionadas devem ser compreendidas e gerenciadas segundo uma visão de processos para que seja garantida a excelência do desempenho e o sucesso de um negócio. Para agregar valor é fundamental mapear e padronizar as atividades em processos e conhecer as necessidades e expectativas das partes interessadas (CADERNOS, 2008).

A gestão por processos é uma metodologia para avaliação contínua, análise e melhoria do desempenho dos processos que exercem maior impacto na satisfação dos clientes e acionistas (CARVALHO e PALADINI, 2005). Sendo assim, a

metodologia de gestão por processos garante uma melhor produtividade e qualidade dos processos aumentando a competitividade de uma empresa.

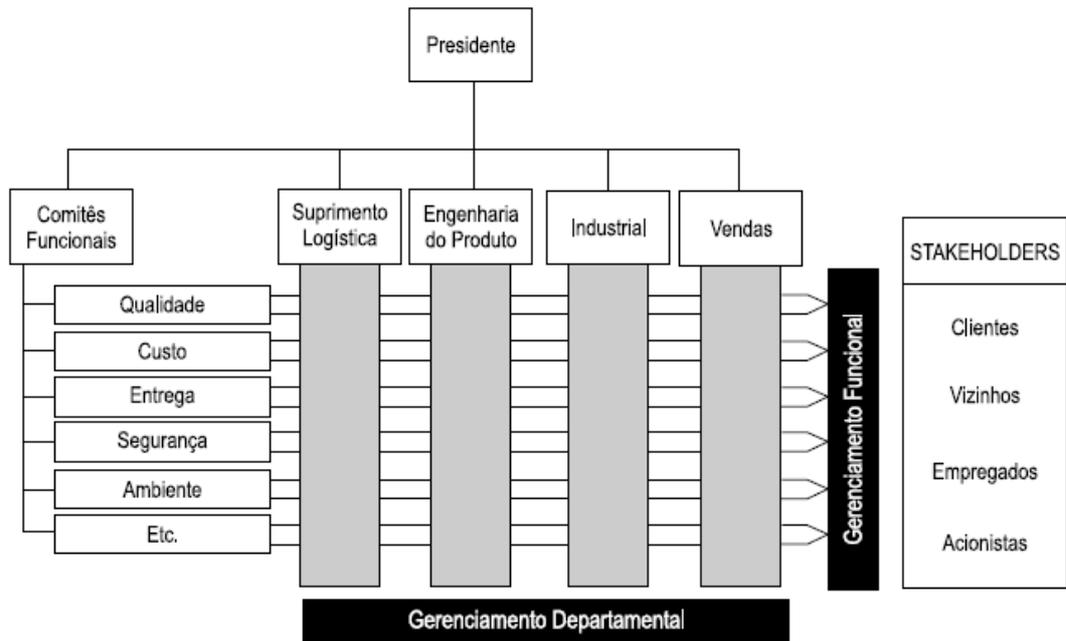


Figura 3: Organograma mostrando o relacionamento do Gerenciamento Funcional
Fonte: CAMPOS (2009).

Gerenciar um processo é identificar e analisar as causas da impossibilidade de se atingir uma meta e estabelecer contramedida. Um processo pode ser controlado com o objetivo de manter ou melhorar os resultados (CAMPOS, 1992).

A norma ISO 9001 prevê a abordagem de processos, visando aumentar a satisfação do cliente a partir do atendimento aos requisitos determinados por eles. Sendo assim, promove o desenvolvimento, implementação e melhoria da eficácia de um sistema. De acordo com a norma ABNT NBR ISO 9001 (2008), pode-se aplicar aos processos do sistema de gestão da qualidade, a metodologia PDCA ou também conhecido como Ciclo de Deming, onde: P (*plan*), D (*do*), C (*check*) e A (*act*). Sendo que:

Planejar: Estabelecer os objetivos e processos necessários para gerar resultados de acordo com os requisitos do cliente e com as políticas da organização. Fazer: Implementar os processos. Checar: Monitorar e medir processo e produtos em relação às políticas, aos objetivos e aos requisitos para o produto e relatar os resultados. Agir: executar ações para promover continuamente a melhoria do desempenho do processo (ABNT NBR ISO 9001:2008, p. vii).

Segundo Trindade et al. (2007) investir em qualidade e preparar a empresa para a atualidade e o futuro é uma realidade de mercado. Ainda segundo este autor,

buscar qualidade significa envolver pessoas no processo produtivo, motivando-as para que utilizem sua criatividade e contribuam para melhorar esse processo.

3.4 Indicadores do processo

Os indicadores são ferramentas importantes que auxiliam no acompanhamento e alcance de estratégias, objetivos e metas, por meio de sua mensuração e a avaliação do desempenho empresarial. Segundo Kardec et al. (2002), a análise desses indicadores deve proporcionar à empresa a obtenção de informações ampliadas de como o seu produto está posicionado, objetivando então um gerenciamento estratégico da qualidade de seu produto. O tipo e a eficiência dos indicadores são determinados pela necessidade da empresa e pelo conhecimento que se pode dispor para seu desenvolvimento e análise.

Um sistema de indicadores deve também, traduzir a missão e a estratégia de uma unidade de negócios em objetivos e medidas tangíveis (BELÉM e WANDERLEY, 2006). Assim, os indicadores surgem como auxiliares nas tomadas de decisões, onde fundamentam as argumentações mediante o fornecimento das informações dos processos.

A avaliação das atividades e dos resultados do processo torna-se necessária para verificar se estão atingindo os objetivos e as estratégias definidas. Os indicadores são uma forma de medir uma situação atual contra um padrão previamente estabelecido. Os indicadores dão suporte à análise crítica dos resultados, às tomadas de decisão e ao planejamento e controle dos processos da organização.

Após a geração de um indicador, atribui-se uma meta, a qual consiste na determinação de um valor pretendido ao indicador em determinadas condições. Esta meta deve estar relacionada diretamente as estratégias da organização. Para sucesso na criação dos indicadores, faz-se necessário o desdobramento até o nível da estação de trabalho, visando proporcionar um maior controle no processo de acompanhamento das metas.

Os indicadores do processo são divididos em itens de controle, os quais são determinados nos fins, ou seja, no produto final do processo e ainda em itens de verificação, os quais são determinados nos meios, ou seja, no processo.

3.5 Itens de controle

Todo processo tem um cliente, seja ele interno ou externo e suas necessidades devem ser atendidas e para garantir o atendimento dessas necessidades é necessário realizar o controle do processo. A primeira etapa para se controlar um processo é identificar quais são os clientes do processo e ainda definir quais são os requisitos a serem atendidos no produto final do processo, ou seja, os clientes deverão ter suas necessidades atendidas (WERKEMA, 2006).

Os requisitos ou necessidade dos clientes devem ser transformados em itens. Esses itens são chamados de itens de controle e devem admitir grandezas mensuráveis para que seja possível medir e controlar. Eles devem abranger todos os itens da gestão da qualidade total, são eles: qualidade, custo, entrega, moral e segurança (WERKEMA, 2006).

De acordo com Campos (1992), os itens de controle devem ser estabelecidos sobre algo que se possa exercer o controle, atuando na causa do desvio e nunca devem ser estabelecidos sobre algo de que não possa exercer o controle. Neste sentido, os itens de controle devem ser acompanhados periodicamente para assim gerenciar o processo, pois estes são uma forma de medir o resultado do processo. Segundo o autor, a partir da medição do item de controle é possível identificar um problema, que é um resultado indesejado do processo que se expressa na forma de um valor não satisfatório para o item de controle.

3.6 Itens de verificação

Os itens de verificação de um processo são índices numéricos, os quais são estabelecidos sobre as principais causas que afetam determinado item de controle, ou seja, por meio do acompanhamento dos itens de verificação são garantidos os itens de controle (CAMPOS, 1992).

Quando um fator for uma causa de um problema ligado a um determinado item de controle, este pode ser considerado como item de verificação (BARBOSA et al., 1994). Sendo assim, os itens de verificação influenciam os resultados dos itens de controle.

Os itens de verificação se localizam no processo, enquanto que os itens de controle são definidos no resultado do processo, no produto final. Assim, os itens de controle são definidos de acordo com os requisitos dos clientes e os itens de

verificação são definidos para garantir a manutenção dos itens de controle em uma faixa de valores desejáveis. São instrumentos importantes, pois tornam possível a identificação das causas fundamentais dos problemas que impedem a empresa de atingir as metas propostas.

3.7 Limites de especificação

Especificações são valores que medem o desempenho do processo, e quando os resultados variam além dos limites de especificação, o desempenho do processo é considerado inaceitável.

As especificações podem ser unilaterais, quando um limite de especificação é um único ponto e que a partir dele que o processo vai ser considerado aceitável ou inaceitável, ou bilaterais, quando existe um par de limites de especificação, que formam um intervalo de valores aceitáveis para se considerar que o processo apresenta bom desempenho (GYGI, 2008). Para o autor, quando uma especificação é bilateral, o limite superior de especificação é o limite máximo a partir do qual o desempenho do processo fica inaceitável, e o limite inferior de especificação é o menor limite, abaixo do qual o desempenho do processo fica inaceitável.

As características de um processo ou produto apresentam certa variabilidade e os limites de especificação medem a tolerância permitida dessa variabilidade, a qual é calculada e definida pelo elaborador do processo ou produto na hora de sua concepção. (SCARATTI e SILVA, 2010). Sendo assim, os limites de especificação refletem os valores máximos e mínimos permitidos.

3.8 Controle de qualidade no setor florestal

A primeira proposta de controle de qualidade no setor florestal surgiu em 1980 e de acordo com Freitas et al. (1980) *apud* Trindade (2001), este primeiro trabalho consistia em auditorias de qualidade, que da forma como eram conduzidos geravam muitos atritos, pois as avaliações eram encaradas como policiamento. Além destes, outros inconvenientes eram gerados, pois as operações eram avaliadas por ocasião da vistoria não sendo efetivo o controle e geralmente os problemas observados não podiam ser resolvidos.

Já em 1987, o controle de qualidade admitiu um caráter de autocontrole, sendo que a própria equipe operacional avaliava suas atividades ao invés de uma equipe externa de auditoria da qualidade, buscando assim o envolvimento do pessoal, porém esta contribuição ficou um pouco esquecida na década seguinte (TRINDADE, 2001). Segundo Jacovine (1996), questões como falta de comprometimento das pessoas com o sistema, falta de treinamento, falta de auditorias e apoio da alta direção da empresa, foram responsáveis para que os resultados desse controle não fossem satisfatórios.

No início da década de 90, com a corrida pela certificação, as empresas focaram os esforços nas unidades fabris, relegando a área florestal em segundo plano (TRINDADE, 2001). Atualmente, as empresas verticalizadas começaram a dar mais importância à área florestal, inserindo nesta vários conceitos, incluindo o da gestão da qualidade.

3.9 Método gerencial - PDCA

Segundo Mariani (2005), o método PDCA é utilizado para o gerenciamento das organizações e dos seus processos internos de forma a garantir o alcance de metas, sendo que as decisões são direcionadas a partir de informações. Campos (1992) define o PDCA como o caminho para se atingir a meta. A importância desse método não se limita apenas na maximização do lucro e otimização do processo, mas também afeta as relações interpessoais, favorecendo um ambiente motivado para mudança.

O PDCA está estruturado em quatro fases e sua sigla é definida por suas iniciais originadas do idioma inglês, *Plan* (Planejar), *Do* (Executar), *Check* (Verificar), *Action* (Agir).

Na fase de planejamento (P), são estabelecidas as metas sobre os itens de controle e o caminho a ser seguido para atingir as metas propostas, o qual será traduzido em um plano de ação; na fase de execução (D), são executadas as tarefas conforme previsto no plano e coletados dados para a verificação do processo. Na fase de verificação (C), compara-se o resultado alcançado com a meta planejada e finalizando, na fase de atuação corretiva (A), são tomadas ações corretivas para os desvios detectados na fase anterior para que o problema não volte a ocorrer (CAMPOS, 2004).

3.10 Método gerencial - SDCA

De acordo com Campos, 2009 existem dois tipos de metas, uma para melhorar e outra para manter os resultados de uma organização, e para o alcance desses dois tipos de metas, é utilizado método PDCA. Quando o resultado de processo melhora, esse deve ser estabilizado por meio da padronização e treinamento do trabalho.

Quando o PDCA é utilizado para manter os resultados, o método recebe o nome de SDCA, pois na operação o plano (P) é o padrão (S de *Standardize*), sendo assim, quando se tem uma meta de melhoria o método recebe o nome de PDCA e quando se tem uma meta para manter os resultados por meio da padronização o método recebe o nome de SDCA (CAMPOS, 2009).

3.11 Ferramentas da qualidade

Existem dois tipos de causas para a variação na qualidade dos produtos provenientes de um processo (WERKEMA, 1995):

- Causas comuns ou aleatórias: a quantidade de variabilidade se mantém em uma faixa estável, conhecida como faixa característica do processo, que está sob controle estatístico, apresentando um comportamento estável e previsível.
- Causas específicas ou assinaláveis: surgem esporadicamente, devido a uma situação particular que faz com que o processo se comporte de um modo diferente do usual, o que pode resultar em um deslocamento do seu nível de qualidade (anomalia).

Será possível reduzir a variabilidade dos processos por meio da eliminação das causas especiais de variação ou anomalias ou redução das causas comuns. Por meio do emprego da estatística é possível distinguir de forma objetiva e econômica, as causas comuns das causas especiais de variação. Várias ferramentas estatísticas podem ser utilizadas para o conhecimento e a análise da variabilidade presente nos processos produtivos.

Além dos elementos básicos de um sistema de qualidade que provê uma estrutura para registros, existe um conjunto de métodos que o “guru” japonês da qualidade Ishikawa denominou as “Sete Ferramentas da Qualidade” (CAMPOS, 1992).

As sete ferramentas são: Estratificação; Folhas de Verificação; Diagrama de Pareto; Histograma; Diagrama de Causa e Efeito; Diagrama de dispersão e Gráficos de Controle. Cada ferramenta tem sua própria utilização, sendo que não existe uma receita adequada para saber qual a ferramenta que será usada em cada fase. Isto vai depender do problema envolvido, das informações obtidas, dos dados históricos disponíveis, e do conhecimento do processo em questão em cada etapa.

Conforme Paladini (1997), as técnicas para a qualidade total envolvem ferramentas que são dispositivos, procedimentos gráficos, numéricos ou analíticos, formulações práticas, esquemas de funcionamento, mecanismos de operação, enfim, métodos estruturados para viabilizar a implantação da qualidade total e estratégias, que são metodologias para implantar mecanismos destinados a produzirem qualidade em qualquer atividade, processo, serviço ou produto da organização.

Segundo Paladini (1997), as “sete ferramentas da qualidade” são ferramentas utilizadas para se ter conhecimento analítico do processo e, então, melhorá-los. Tais ferramentas foram amplamente difundidas porque elas fazem com que as pessoas envolvidas no controle de qualidade vejam através de seus dados, compreendam a razão dos problemas, ou seja, a causa da variabilidade dos processos e determinem soluções para eliminá-los.

3.11.1 Mapas do processo

O mapeamento é realizado por meio da utilização de técnicas para representar as diversas tarefas necessárias, na sequência em que elas ocorrem, para a realização e entrega de um produto ou serviço. Ao elaborar o mapa de processos é necessário identificar a existência de disfunções nos processos e os indicadores estabelecidos para controle dos mesmos. Para o mapeamento é importante definir: os processos a serem mapeados, as atividades existentes nestes processos, o fluxo de movimentação, os controles existentes para gestão, as entradas e saídas e o tempo gasto na execução dos processos (COLENGHI, 2007). Os fluxogramas dos processos devem mostrar como matérias-primas, informações, materiais em processo e produtos/serviços finais se relacionam no processo macro, sendo que os clientes internos e externos, assim como também seus requisitos, devem ser identificados.

O fluxograma é formado por três módulos que são início (entrada), que corresponde ao assunto a ser considerado no planejamento; processo, que consiste na

determinação e interligação dos módulos que englobam o assunto; e fim (saída) do processo (SLACK et al., 2002).

Com a montagem do fluxograma é possível identificar claramente os passos da execução do processo e possíveis variações no processo, quando este é executado por pessoas ou equipes diferentes (LINS, 1993).

3.11.2 Estratificação

A estratificação consiste na divisão de um grupo em diversos subgrupos com base em fatores apropriados, os quais são conhecidos como fatores de estratificação. Com isso são geradas amostras menores e homogêneas, facilitando identificar em qual fator está ocorrendo a variação, para que assim, se atue a fim de corrigir o problema sem a intervenção em todos os fatores (ALMEIDA et al., 2008).

Para Mariani (2005), a estratificação facilita a investigação e análises do problema em estudo, uma vez que permite estratificar o problema em partes menores, sendo que não há um único modelo padrão da ferramenta.

3.11.3 Folhas de verificação

Folhas de verificação são formulários padronizados para facilitar a coleta e organização dos dados, sendo uma excelente ferramenta para otimizar as análises dos dados (ALMEIDA et al., 2008). Cada folha de verificação deve ter espaço para registrar o local, a data da coleta e o nome do responsável pelo trabalho.

A folha de verificação dispõe os dados de uma forma mais organizada, verificando o tipo de defeito, a sua percentagem e localização assim como as suas causas. Nessa folha são especificados os dados que serão coletados e o número de ocorrências, sendo útil para verificar as não conformidades mais frequentes.

3.11.4 Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto serve para apontar quantitativamente as causas mais significativas, em sua ordem decrescente, identificadas a partir da estratificação. É uma das ferramentas mais eficientes para identificar problemas, melhorar a visualização, confirmar os resultados, comparar o antes e depois do problema e identificar itens que são responsáveis pelos impactos eliminando as causas.

O diagrama consiste num gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências, da maior para a menor e indicada a curva de percentagens acumuladas. A maior utilidade deste diagrama é de permitir uma fácil visualização e reconhecimento das causas ou problemas mais relevantes, possibilitando a centralização de esforços sobre os mesmos. A informação assim disposta também permite o estabelecimento de metas numéricas viáveis de serem alcançadas.

O princípio de Pareto estabelece que se forem identificados, por exemplo, cinquenta problemas relacionados a qualidade, a solução de apenas cinco ou seis destes problemas já poderá apresentar uma redução de 80 ou 90% das perdas que a empresa vem sofrendo devido a ocorrência de todos os problemas existentes (WERKEMA, 2006).

3.11.5 Histograma

Histogramas são gráficos de barras que mostram a variação sobre uma faixa específica, em que a base equivale ao intervalo de classes e a sua altura à frequência. O histograma foi desenvolvido por Guerry, em 1833, para descrever sua análise de dados sobre o crime (JURAN e GRZYNA, 1991). Desde então, os histogramas tem sido aplicados para descrever os dados nas mais diversas áreas.

O histograma é um gráfico de barras no qual o eixo horizontal, subdividido em vários pequenos intervalos, apresenta os valores assumidos por uma variável de interesse. Para cada um desses intervalos é construída uma barra vertical, cuja área deve ser proporcional ao número de observações na amostra cujos valores pertencem ao intervalo correspondente (WERKEMA, 1995). É uma ferramenta que possibilita conhecer as características de um processo ou um lote de produto permitindo uma visão geral da variação de um conjunto de dados e a maneira como esses dados se distribuem, portanto, contribui de uma forma decisiva na identificação dos dados. Eles descrevem a frequência com que variam os processos e a forma de distribuição dos dados como um todo.

3.11.6 Diagrama de causa e efeito

O diagrama causa e efeito é uma representação gráfica que permite visualizar facilmente a cadeia de causas e efeitos do problema. Esta ferramenta mostra a relação entre as características da qualidade e os fatores e representa a relação entre o

efeito de todas as possibilidades de causas que contribui para esse efeito (WERKEMA, 1995). O efeito ou problema é colocado no lado direito do gráfico e os grandes contribuintes ou “causas” são listados à esquerda. Para cada um dos efeitos existem inúmeras causas dentro das categorias, conhecidas como 6 M: método, mão-de-obra, matéria-prima, máquinas, mensuração e meio ambiente.

Por meio de uma lista de possíveis causas, as mais prováveis são identificadas e selecionadas para uma melhor análise. Examinando cada causa, observam-se os fatos que mudaram, como por exemplo, desvios de norma ou dos padrões. Embora não identifique, ele próprio, as causas do problema, o diagrama funciona como um veículo para produzir com o máximo de foco possível, uma lista de todas as causas conhecidas ou presumíveis, que potencialmente contribuem para o efeito observado.

3.11.7 Diagramas de dispersão

Os diagramas de dispersão são gráficos cartesianos que representam a relação entre duas variáveis, sendo utilizado para verificar a correlação entre essas variáveis. Esses podem ser utilizados, por exemplo, para verificar e entender a relação de causa e efeito entre os itens de verificação (processo) e itens de controle (produto). Um exemplo prático seria utilizar os gráficos de dispersão para entender a relação entre uma variável do processo, por exemplo, tempo de carbonização e a resistência mecânica do carvão.

Segundo Costa (1996), para descobrir e efetuar melhorias, em alguns casos é necessário entender a relação entre dois conjuntos de dados, como por exemplo, estudar a relação de causa e efeito entre o número de alunos por sala e o índice de reprovação. Segundo o mesmo autor as análises de correlação podem ainda serem feitas para entender a relação entre duas causas e entre diferentes efeitos.

3.11.8 Gráficos de controle

Segundo Rossato (1996), os gráficos de controle servem para examinar se o processo está ou não sob controle, usando métodos estatísticos para observar as mudanças dentro do processo, baseado em dados de amostragem. Esses gráficos mostram a informação de como o processo se comporta num determinado tempo, isto é, se ele está dentro dos limites pré-estabelecidos, assinalando a necessidade de procurar a causa da variação.

Os gráficos de controle são constituídos por três linhas paralelas: a linha central representa o valor médio da característica de qualidade; a linha superior representa o limite superior do controle e a linha inferior representa o limite inferior do controle.

3.12 Processo de produção de carvão vegetal

O carvão vegetal é obtido por um processo de queima da madeira conhecido como carbonização, ou queima controlada. A carbonização é um processo cujo objetivo é aumentar o teor de carbono fixo na madeira por meio de tratamento térmico a partir de vários processos físicos e químicos. Durante o processo de carbonização da madeira, o carvão é apenas uma fração dos produtos que podem ser obtidos. Por meio da utilização de sistemas de coleta, também podem ser aproveitados os condensados pirolenhosos (líquido pirolenhoso) e os gases não-condensáveis (PIMENTA, 2000).

São vários os fatores que interferem na qualidade do carvão produzido, como por exemplo, densidade da madeira, umidade e tamanho das peças utilizadas, temperatura e velocidade de carbonização e propriedades químicas da madeira. As propriedades químicas variam de espécie para espécie, entre árvores da mesma espécie, entre árvores cultivadas em lugares diferentes, dentro de uma mesma árvore e ainda de acordo com a idade. Sendo assim, a qualidade do carvão produzido será diretamente afetada pela matéria-prima utilizada e pelo processo de produção adotado.

As variações no processo de produção são geralmente variações nas temperaturas de carbonização, na taxa de aquecimento e na pressão do forno durante o processo. O processo de carbonização pode ser dividido em quatro fases (PIMENTA, 2000):

Secagem da madeira: Ocorre a vaporização de toda água contida no interior da madeira (água livre, água de adesão e água de constituição). As temperaturas registradas ficam abaixo de 180°C. O calor necessário para manter a temperatura adequada deve ser fornecido ao processo mediante a queima de parte da madeira seja na própria câmara de combustão, como ocorre nos fornos mais rudimentares, ou em câmaras de combustão própria, nos fornos mais evoluídos.

Pré-carbonização: Ocorre entre 180 a 290°C. É um processo endotérmico onde se inicia a liberação dos voláteis. A madeira começa a se decompor, liberando CO, CO₂, ácido acético e metanol.

Carbonização: Ocorre entre 300 e 500°C. A reação torna-se exotérmica e autossustentável. O processo de decomposição térmica acelera, liberando mais calor, de modo que a temperatura não diminua enquanto a carbonização continuar. Ocorre grande eliminação de gases como CO, CO₂, H₂, CH₄ e vapores condensáveis. A liberação de alcatrão e ácido pirolenhoso atinge o seu máximo, assim como a taxa de decomposição da madeira. O resíduo final dessa fase é o carvão vegetal, que quando aquecido próximo aos 500°C possui um baixo teor de voláteis e um alto teor de carbono fixo.

Gaseificação: Acima de 500°C o carvão vegetal começa a se degradar termicamente iniciando a gaseificação.

3.13 Padrões de qualidade do carvão vegetal para uso na siderurgia

Uma grande preocupação que vem sendo colocada como fundamental no setor florestal é a chamada qualidade intrínseca da madeira destinada à fabricação de carvão vegetal. Isso tem gerado estímulos para diferentes estudos, relacionando as propriedades anatômicas, físicas e químicas da madeira e, conseqüentemente, a melhoria da qualidade da mesma. Contudo, a qualidade físico-química do carvão também depende diretamente de vários fatores do processo de carbonização, transporte, manuseio e estocagem dentre outros.

As principais propriedades químicas que devem ser observadas na análise da qualidade do carvão são: quantidade de carbono fixo, materiais voláteis e teor de cinzas. Já as propriedades físicas são: densidade, resistência mecânica, friabilidade, umidade, granulometria média, reatividade e poder calorífico.

A qualidade do carvão vegetal vai interferir significativamente na produtividade e no rendimento no alto forno de redução. Dessa forma, é importante conhecer as características físicas e químicas para se definir os requisitos e características do carvão que será utilizado na indústria siderúrgica. As características mais importantes de serem observadas em um carvão vegetal o qual

será utilizado na siderurgia são: granulometria, densidade e resistência mecânica (BRITO, 1993).

Segundo o mesmo autor, a granulometria está relacionada com a permeabilidade dentro do forno, sendo que o tamanho médio do carvão deve ser o triplo do minério para permitir a máxima vazão dos gases. Geralmente, antes de inserir o carvão no alto forno, esse passa por um processo de peneiramento para assim, manter um tamanho mínimo do carvão que será utilizado como redutor. O carvão que não atingir um tamanho mínimo para entrar no processo é considerado perda do processo.

A densidade é um fator que interfere diretamente na produtividade do alto forno, devendo ser a maior possível. A utilização de um carvão mais denso no processo implica em maiores tempos de residência da carga metálica no interior da zona de reserva térmica do alto-forno, sendo assim, normalmente são obtidos menores consumos de carbono (BRITO, 1993).

O carvão vegetal é bastante manuseado antes de chegar ao início do processo, dessa forma, deve ter uma boa resistência mecânica para manter a granulometria ideal, como citado anteriormente. Os resíduos oriundos do carvão com baixa granulometria são conhecidos como “finos”, e estes não apresentam boa rentabilidade quando injetados nos altos fornos.

Dois fatores afetam diretamente a qualidade do carvão vegetal, o primeiro é a matéria-prima do processo, a madeira, e o segundo é o processo de produção em si, sendo este de grande importância quando a queima dos gases da carbonização é feita numa fornalha, pois, vem sendo demonstrado que a queima de gases por fornalhas eleva a taxa de carbonização, necessitando-se um maior controle da entrada de oxigênio e da tiragem dos gases (CARDOSO et al., 2010).

De acordo com Nakai et al. (2007), a manipulação das variáveis de processo leva à maior eficiência de pirólise, reduzindo a quantidade de matéria-prima consumida, além de minimizar a liberação de cargas poluentes e a necessidade de disposição dos resíduos e tratamento de efluentes e emissões.

3.14 Custos da qualidade

Para Juran e Gryna (1991), o termo “custos da qualidade” assumiu díspares significados para pessoas diferentes. Alguns os comparavam aos custos para se atingir a qualidade. Outros equipararam o termo aos custos para o funcionamento do departamento da qualidade. A interpretação a que chegaram os especialistas em qualidade foi equiparar os “custos da qualidade” com o custo da má qualidade (notadamente os custos para se encontrar e corrigir o trabalho defeituoso). Assim, os autores afirmam que os custos da qualidade são aqueles custos que não existiriam se o produto fosse fabricado de forma perfeita na primeira vez, estando associados com as falhas na produção que levam a retrabalho, desperdício e perda de produtividade.

Para Crosby (1994), os custos da qualidade estão relacionados com a conformidade ou ausência de conformidade aos requisitos do produto ou serviço. Sendo assim, são definidas basicamente duas vertentes para o custo da qualidade: o custo para se obter a conformidade e o custo para se lidar com a não conformidade. Na primeira vertente, há custo evidente para se atingir a qualidade do produto que envolve atividades de planejamento, melhoria, projeto, entre outras. Na segunda vertente, o custo incorrido se dá devido à necessidade de uma readequação do produto caso alguma não conformidade seja identificada, o que obviamente gera um custo de análise, retrabalho, entre outros.

Para Feigenbaum (1994), custos da qualidade são os custos associados com a definição, criação e controle da qualidade, assim como a avaliação e retroalimentação da conformação da qualidade, garantia e requisitos de segurança, e aqueles custos associados com falhas nos requisitos de produção e depois que o produto já se encontra nas mãos do cliente. Esses custos estão relacionados com a satisfação total do cliente.

Robles Junior (1996) subdivide os custos da qualidade em quatro categorias que se relacionam entre si, custos de prevenção, custos de avaliação, custos de falhas internas e custo de falhas externas, não dividindo assim em custos de controle e custos de falhas no controle como o apresentado anteriormente.

De acordo com Juran e Gryna (1991) os custos da má qualidade são provenientes do fato de uma organização não produzir corretamente desde a primeira vez. Quando ocorre a má qualidade em uma organização, esta perde por produzir um produto que será rejeitado ou desclassificado e vendido a um preço que pode ser

inferior ao seu custo de produção. E ainda perde-se pelo gasto no tratamento desta má qualidade, quando este tempo poderia ser utilizado para produzir produtos de boa qualidade. Estão incorridos os custos não explícitos, como a perda dos clientes e da imagem da empresa.

Para Feigenbaum (1994), enquanto a qualidade pode ser vista como adequação ao uso, a má qualidade significa a utilização insatisfatória dos recursos, isto implica em desperdícios de material, mão-de-obra e tempo em equipamento, envolvendo os custos correspondentes.

O levantamento dos custos da qualidade ajuda a empresa a decidir sobre a necessidade de investimentos em prevenção e avaliação, pois, prevenir é mais econômico. Nessa nova era da qualidade, o desperdício será duramente punido e os materiais deverão ser aproveitados na sua totalidade, a ordem é fazer certo da primeira vez, procurando minimizar ou mesmo eliminar as perdas de todos os fatores, inclusive do tempo (JACOVINE, 1996).

O valor dos custos da não qualidade é tão alto, que é como se fossem produzidos por uma “fábrica de sucata” ou “fábrica escondida” dentro da empresa (SZACHER 1991 *apud* JACOVINE, 1996).

De acordo com Moller (1992) *apud* Jacovine (1996), empresas chegam a gastar de 20 a 30 % do faturamento na produção e no reparo de trabalhos mal feitos, corrigindo defeitos, sucateando produtos defeituosos, lidando com reclamações. Assim, em um programa de gestão da qualidade é importante que se faça uma abordagem econômica a fim de mensurar os investimentos e as perdas com a não qualidade. Com isso é possível determinar o retorno financeiro que poderia ser atingido com a implantação de um projeto de melhoria da qualidade.

A relação custo/qualidade é muito importante na sobrevivência de uma organização, particularmente na busca de uma maior competitividade e na busca de novos clientes. Pesquisas conduzidas nos Estados Unidos da América e Alemanha demonstram que os custos com não conformidades podem chegar a 20 % das vendas e que atrair um novo cliente custa, em média, seis vezes mais que manter um existente (CARVALHO e PALADINI, 2005).

Segundo este mesmo autor, os custos da qualidade são divididos em dois grupos, os custos de controle, os quais possuem caráter preventivo e os custos de falhas, os quais possuem caráter corretivo. Os custos de controle são divididos em

prevenção e avaliação e os custos de falhas no controle são divididos em falhas internas e falhas externas.

3.14.1 Classificação dos custos da qualidade

Como discutido anteriormente, os custos da qualidade podem ser divididos em custos de prevenção, custos de avaliação, custos de falhas internas e custos de falhas externas, conforme detalhado a seguir.

a) Custos de prevenção

Estes custos são as despesas efetuadas pela empresa para impedir que falhas sejam cometidas, sendo na verdade, um investimento que a empresa faz visando evitar os custos da má qualidade. São gastos associados às medidas para planejar a qualidade, visando prevenir a falta de qualidade em produtos e serviços, sendo assim podem ser custos de planejamento da qualidade e custos de controle de processo (CARVALHO e PALADINI, 2005).

Exemplos destes custos são treinamento e administração para a qualidade, manutenção preventiva de equipamentos, pesquisas relacionadas com a garantia dos produtos, suporte técnico a vendedores, identificação das necessidades de marketing e exigência dos clientes, tecnologia e equipamentos (ROBLES JUNIOR, 1996).

Crosby (1994) ainda cita como custos de prevenção, estudos do design, qualificação do produto, avaliações de fornecedores, planejamento da recepção, auditorias da qualidade, treinamentos para operação e outros.

b) Custos de avaliação

Estes custos estão relacionados à avaliação de produtos e serviços com o objetivo de verificar a existência de falhas e não conformidades antes que estes cheguem aos clientes internos e externos. São custos que se incorrem durante as inspeções, testes e outras avaliações planejadas com a finalidade determinar a conformidade com os requisitos (CROSBY, 1994). O autor ainda cita como exemplo de custos de avaliação a inspeção e teste de protótipo, análise de conformidade com a especificação da produção, aceitação do produto e inspeção de embalagem.

Robles Junior (1996) cita como custos de avaliação, os custos com equipamentos, testes e inspeção nos materiais comprados, inspeções e auditorias nas operações e produtos, inspeção do desempenho do produto nas condições e ambientes dos clientes e auditorias nos estoques de produtos acabados.

c) Custos de falhas internas

As falhas são as não conformidades e defeitos em produtos e serviços. As falhas internas são detectadas antes que o produto chegue ao cliente, ou seja, são detectadas internamente na organização, exemplo: falhas em projetos, compras, suprimentos, programação, controle da produção e falhas na própria produção (ROBLES JUNIOR, 1996).

O mesmo autor ainda cita como exemplos de custos de falhas internas, retrabalhos, refugos, sucatas, compras não planejadas, descontos nos preços de vendas de produtos com pequenos defeitos, manutenção corretiva, horas extras para recuperar atrasos, tempo de análise das causas das falhas e ainda custos financeiro do estoque para suprir eventuais falhas.

Os custos com refugos, decorrentes da produção que não satisfaz os padrões de qualidade, são obtidos pela diferença entre os custos incorridos até o ponto de rejeição e o valor de disposição ou venda a um cliente menos exigente por preço mais baixo que o previsto (CARVALHO e PALADINI, 2005).

d) Custos de falhas externas

As falhas externas são as não conformidades e defeitos em produtos e serviços, porém, essas não foram detectadas antes que o produto chegasse ao cliente, ou seja, são detectadas fora da organização pelos próprios clientes. Essas estão associadas às devoluções, queixas e reclamações dos clientes.

Exemplos de custos de falhas externas são vendas perdidas, assistência técnica fora da garantia, reposição para manter a imagem, multas, retrabalho, refaturamento, garantias e ainda o bem estar dos clientes (ROBLES JUNIOR, 1996). Carvalho e Paladini (2005), ainda citam os custos de identificação para descobrir a origem dos defeitos, processos judiciais acionados pelos clientes e recolhimento do produto e *recalls*.

O custo total da qualidade é a soma das categorias de custos, e na medida em que se aumentam os custos em uma categoria, conseqüentemente interfere-se na

outra. É necessário alcançar um equilíbrio econômico entre estes custos não fazendo assim um gasto excessivo para se alcançar a qualidade e nem perdendo com falhas de forma a comprometer o lucro e a imagem da organização. Sendo assim, é importante identificar um ponto ótimo de investimento na qualidade. Por isso, a importância de se entender como estes custos se relacionam.

Na medida em que se aumentam as ações de prevenção, diminui o número de falhas e conseqüentemente os custos totais das falhas, devendo-se buscar uma relação custo-benefício entre os gastos com prevenção (ROBLES JUNIOR, 1996). Quando se deseja aumentar o nível de qualidade, é necessário aumentar os gastos com prevenção e avaliação, ou seja, os recursos são utilizados para evitar que ocorram os problemas com a qualidade. Neste sentido, os custos com falhas serão menores, e se o nível de qualidade for muito baixo, os custos de prevenção e avaliação serão baixos e os custos de falhas serão altos (CARVALHO e PALADINI, 2005).

Robles Junior (1996), ainda cita as seguintes relações entre os custos: quanto maior os custos com prevenção menor será a produção de unidades defeituosas, quanto maiores os custos com avaliação menores serão os custos de falhas externas, pois as unidades defeituosas serão descobertas antes que cheguem aos clientes.

3.15 Importância da avaliação dos custos da qualidade

Existem várias vantagens na avaliação dos custos da qualidade, pois as informações geradas servem para demonstrar de forma clara e em termos financeiros à empresa o quanto ela está investindo em qualidade e quanto ela está perdendo por deixar de investir. As informações ainda servem como entradas para a análise crítica da direção, visando tomadas de decisão e elaboração de ações corretivas, e como meio de medir o verdadeiro impacto da ação corretiva e das mudanças exigidas pelas melhorias implantadas no processo.

De acordo com Crosby (1994) a finalidade de se calcular os custos da qualidade é chamar a atenção da gerência e proporcionar uma base de cálculo para se verificar a melhoria da qualidade e quando a operação conhecer este custo pode-se estabelecer os objetivos para a redução dos mesmos.

Os custos da qualidade fornecem dados para uma melhor decisão, apontam os desvios, mostram as tendências e ainda são indicadores pelos quais as gerências

devem se orientar para, julgar desempenho, diminuir os custos das falhas e da avaliação, e dosar melhor os gastos com a prevenção (MOSSO, 2001).

Robles Junior (1996) cita alguns objetivos de se mensurar os custos da qualidade, como por exemplo, avaliar os programas de qualidade, revelar o impacto financeiro das decisões de melhoria da qualidade, revelar por meio de relatórios o sucesso da administração em cumprir com os objetivos da qualidade, fixar objetivos e recursos para treinamento de pessoal entre outros.

Também podem ser considerados objetivos principais da avaliação dos custos da qualidade a quantificação do tamanho do problema da qualidade em linguagem que tenha impacto sobre a administração superior, a identificação das principais oportunidades para a redução dos custos e das oportunidades para diminuir a insatisfação do consumo e as respectivas ameaças a facilidade de venda (JURAM e GRZYNA, 1991).

A apuração dos custos referentes à qualidade ocorre em trabalho conjunto com o controle econômico da empresa ou outro parceiro da área comercial. Na implantação de registros de custos da qualidade, por motivos de uma relação equilibrada de dispêndio de registro e efeito de benefício, inicialmente deve-se restringir ao registro a apuração dos elementos de custos da qualidade relevantes para a empresa e de fácil apuração, mas com os quais podem ser controladas de forma eficiente as atividades de gerenciamentos da qualidade.

4. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi selecionada uma empresa do setor florestal que possui unidades produtivas de carvão vegetal para uso em siderúrgicas próprias. A unidade de carvoejamento está instalada no estado de Minas Gerais e a matéria-prima a ser carbonizada é madeira de eucalipto.

No processo de carbonização da empresa, são utilizados fornos do tipo retangular de alta tecnologia para atender a demanda de carvão da usina, com dimensões de (26m x 4m) e capacidade de produção de 160 MDC (metros de carvão). O ciclo do processo de carbonização é de 12 dias, sendo 4 dias de carbonização e 8 dias de resfriamento, sendo o último dia do resfriamento para carga e descarga.

A pesquisa foi dividida em etapas: na primeira, foi feito o mapeamento do processo; na segunda, foram analisados os itens de controle e a correlação entre os itens de controle e itens de verificação e na terceira etapa foi feito um levantamento qualitativo dos custos da qualidade do processo de produção de carvão vegetal da empresa. As etapas serão detalhadas a seguir.

4.1 Mapeamento do processo

Visando o melhor entendimento do processo de produção de carvão vegetal e a identificação dos indicadores de desempenho, foi realizado o mapeamento do processo, utilizando como ferramenta o mapa de processo. Para a identificação das atividades do processo realizou-se a análise de documentos da empresa e o

acompanhamento *in loco* do processo. Por meio das análises foram identificadas as atividades e os envolvidos no processo e elaborado o mapa do processo.

Foi elaborado um diagrama com as etapas e interfaces do processo. O diagrama contempla de uma maneira macro os fornecedores (internos e externos), os insumos, as etapas de agregação de valor do processo, as equipes e ferramentas que dão suporte ao processo, os produtos e os clientes (internos e externos). Nessa etapa, também foi feito um levantamento dos indicadores do processo (itens de verificação) e dos indicadores de resultado (itens de controle), utilizados atualmente pela empresa.

4.2 Análise dos itens de controle do processo

Nessa segunda etapa foram levantados os indicadores de desempenho do processo e os seus resultados, os quais foram analisados visando gerar informações sobre a situação atual do processo.

Para levantamento dos dados dos indicadores, a empresa faz a coleta das amostras de carvão, seguindo procedimento de amostragem o qual é documentado e as análises são realizadas em laboratório próprio. De acordo com o procedimento de amostragem, são coletadas quatro amostras de carvão na planta de carbonização, preferencialmente em três fornos e uma carreta. Quando não houver descarga de forno ou carreta, coleta-se no monte de carvão.

Cada amostra corresponde a três tambores de 200 litros. Para compor um tambor são necessários quatro volumes do coletor de amostras, ou seja, quatro coletas, sendo que cada coleta é realizada a cada quatro conchas que o operador descarrega no monte de carvão. Por exemplo, é realizada a primeira coleta, aguarda-se o operador jogar 3 conchas no monte e coleta-se na próxima concha. Sendo assim, cada amostra de 200 litros, contém tanto carvão das pontas do forno, quanto da parte central.

Para a análise dos indicadores, foram utilizados os dados fornecidos pela empresa, os quais são referentes ao período de janeiro a novembro de 2010, exceto de junho, julho e agosto. Foram utilizados dados de apenas uma unidade de produção da empresa, totalizando uma base de 71 dados, onde cada um é a média de três repetições. Os dados são referentes às seguintes características de qualidade do

carvão: densidade à granel (kg/mdc); densidade aparente (kg/m³); resistência mecânica (%); umidade (%); materiais voláteis (base seca); carbono fixo (base seca); cinzas (base seca); percentual de finos (% do peso) e percentual de finos (% do volume), e ainda informações sobre o processo de produção (dias de secagem, dias de carbonização e dias de resfriamento).

Para a análise dos itens de controle foram utilizados gráficos sequenciais, onde foram plotados os dados e os limites de especificação de qualidade do carvão, determinados pelo cliente do processo, nesse caso as siderúrgicas.

Os gráficos sequenciais permitem visualizar a distribuição dos dados ao longo do tempo e entre os limites de especificação. Os limites de especificação, que são os requisitos de qualidade do produto para se atender as necessidades do cliente, foram fornecidos pela própria empresa. Por meio desta análise, é possível verificar se o processo está tendo como resultado um produto que atenda as necessidades do cliente, nas diversas características de qualidade (itens de controle) monitoradas. As análises levam a um diagnóstico da situação atual do processo.

4.2.1 Relação entre variáveis de interesse do processo

Ainda na segunda etapa, foi analisada a existência da relação de causa e efeito entre os itens de verificação (processo) e os itens de controle (produto). Para tal, foi feita uma análise de correlação e aplicação do teste t a 5% de significância, visando identificar se as variáveis do processo que atualmente são monitoradas pela empresa estão de fato interferindo nas características de qualidade do produto. O coeficiente de correlação mede a relação linear entre variáveis e o teste de hipótese, no caso foi utilizado o teste t, dá uma justificativa para aceitar ou não o grau de correlação entre as variáveis em questão.

4.3 Avaliação qualitativa dos custos da qualidade

A análise qualitativa dos custos da qualidade no processo de produção de carvão vegetal teve início com uma pesquisa bibliográfica, visando embasar os principais conceitos sobre os custos da qualidade. Por meio da pesquisa bibliográfica foi possível verificar as principais definições, classificações e abordagens dos custos da qualidade e ainda selecionar as categorias de custos que mais se aplicam ao processo em questão.

Em sequência à pesquisa bibliográfica, realizou-se o acompanhamento do sistema de produção de carvão vegetal com o objetivo de identificar qualitativamente quais são os custos da qualidade que estão incorridos no processo. Durante o acompanhamento do processo de produção, foram feitas entrevistas com os encarregados de produção.

Após a identificação dos custos, esses foram classificados em custos de prevenção, avaliação e de falhas interna. A categoria falha externa não foi contemplada, pois o produto final do processo é utilizado em siderúrgicas da própria empresa, os quais foram considerados clientes internos do processo. Os custos foram agrupados por categorias em tabelas.

5. RESULTADOS

5.1 Mapeamento do Processo

Para o desenvolvimento do mapa do processo de produção do carvão vegetal foram identificados quatro subprocessos de agregação de valor, representados na Figura 4, a saber: enchimento do forno, carbonização, descarga do forno e expedição do carvão.



Figura 4: Subprocessos do processo de produção de carvão vegetal.

No subprocesso de enchimento do forno, são realizadas as atividades de demarcações dos lances no forno, logo após é feita a colocação dos travesseiros e quando for o caso a colocação de atijos da última fornada. Em seguida é realizado o carregamento do forno e finalizando essa etapa é feito o fechamento das portas. Sendo assim, o resultado final desse subprocesso é o forno carregado e com as portas fechadas. Essas atividades podem ser visualizadas no mapa do processo elaborado e representado na Figura 9. A Figura 5 ilustra a atividade de carregamento do forno, realizada de forma mecanizada.



Figura 5: Carregamento do forno.

Pode-se observar na Figura 5, que a máquina utilizada é uma carregadeira com implemento do tipo garra. Durante o enchimento da garra de madeira, a máquina deverá ficar perpendicular ao box onde estão armazenadas as toras de madeiras, as quais devem ficar alinhadas e com um bom empilhamento. Não se deve encher demais a garra para que não caia a madeira durante a operação. O enchimento se inicia pelo centro do forno em direção às paredes e durante o enchimento a máquina deve ficar alinhada com o forno.

O subprocesso de carbonização é iniciado com a ignição do forno, depois é feito o fechamento da clarabóia e pegadores, em sequência o fechamento dos tatus, abafamento do forno, vedação de vazamentos, barrelamento do forno e, por fim, o resfriamento. O resultado final desse subprocesso é o forno com carvão frio. Essas atividades podem ser visualizadas no mapa do processo, representado na Figura 9. A Figura 6 ilustra um forno em processo de carbonização.



Figura 6: Forno em processo de carbonização.

O subprocesso de descarga do forno consiste da abertura da porta e na retirada do carvão do forno. O resultado final desse subprocesso é o forno vazio e o carvão depositado na praça da planta de carbonização. Essas tarefas podem ser visualizadas no mapa do processo elaborado, representado na Figura 9. A Figura 7 ilustra o carvão depositado na praça.



Figura 7: Carvão depositado na praça, após descarga do forno.

Durante a descarga, o carvão é distribuído de forma uniforme e com uma altura segura, o monte só deverá ser “enlonado” quando tiver certeza de que não há perigo de incêndio.

O subprocesso de expedição consiste em “desenrolar” o carvão da praça, carregar a carreta, “enlonar” o carvão na carreta e organizar a praça. Sendo assim, o resultado final desse subprocesso é a carreta carregada de carvão e “enlonada” e a área organizada. Essas tarefas podem ser visualizadas no mapa do processo elaborado, representado na Figura 9. A Figura 8 ilustra a atividade de carregamento da carreta, o carvão deve ser colocado no centro da carreta de forma que o mesmo escorregue e forme uma pirâmide que terá seu pico a 70 cm acima da borda da carreta.



Figura 8: Carregamento da carreta para transporte do carvão até a siderúrgica.

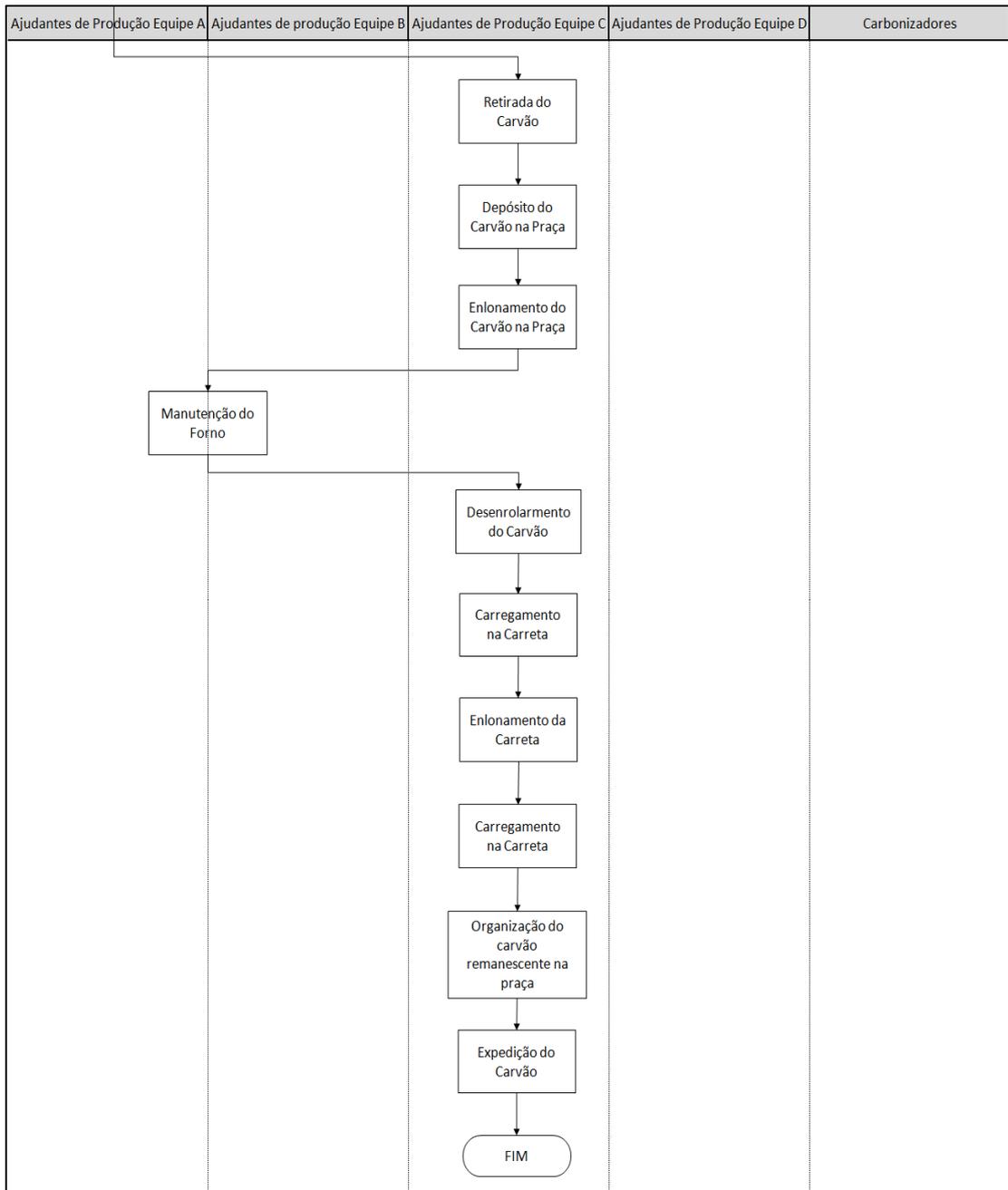


Figura 9: Mapa do processo de produção de carvão vegetal.

Além das atividades de agregação de valor, foram identificados, também, os fornecedores, equipes, ferramentas de suporte, medições, normas técnicas e legislação que regulamentam o processo, produtos e clientes do processo. Os fornecedores do processo são: equipe de colheita, equipe de infra-estrutura, represa e suprimentos; os insumos fornecidos por esses e que são entradas para o processo produtivo são: madeira, solo, água, silicato de sódio, cimento, tijolos, graxa, areia, brita, argila expandida, ferragem, lonas e cordas.

Foram identificadas as interfaces de regulação, que são as medições, normas técnicas e legislação que regulamentam o processo, a saber: normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho (NR) e procedimentos operacionais padrão (regimentos internos).

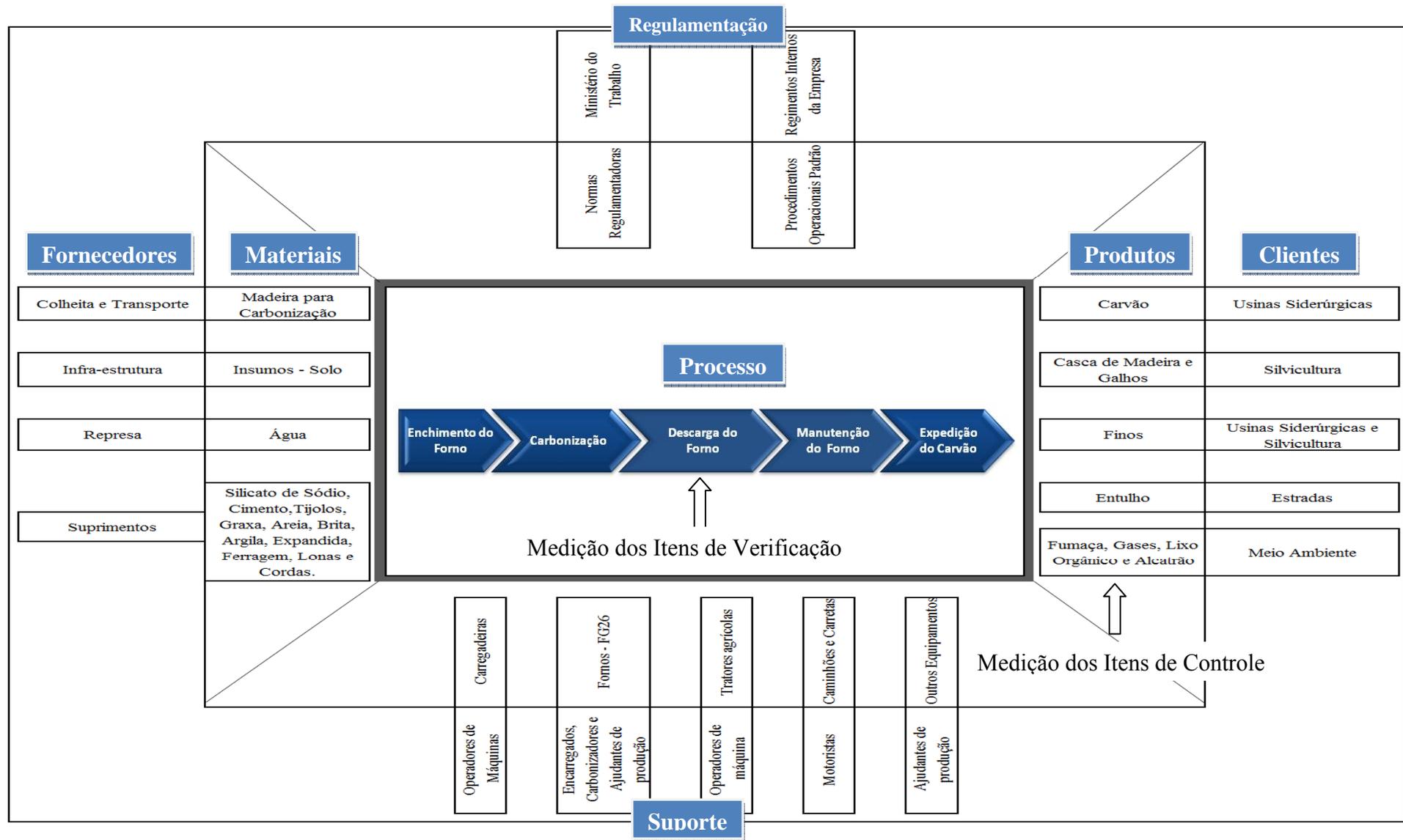
Os produtos do processo são: carvão, casca de madeira, galhos, finos, entulho, fumaça, gases e alcatrão.

Os clientes do processo são: usinas siderúrgicas, silvicultura, equipe de infraestrutura (estradas). No diagrama da Figura 10, é possível observar as interligações entre essas interfaces.

Para finalizar o mapeamento do processo, foram identificados os indicadores medidos atualmente pela empresa, distribuídos em itens de controle e verificação, listados no Quadro 2.

Quadro 2: Indicadores de desempenho do processo

Itens de verificação	Itens de controle
Dias de Secagem	Densidade à granel
Tempo de resfriamento	Densidade aparente
Tempo de carbonização	Resistência mecânica
	Umidade do Carvão
	Materiais voláteis
	Carbono fixo
	Cinzas
	Percentual de finos (% do Peso)
	Percentual de finos (% do Volume)



5.2 Análise dos itens de controle do processo

Os resultados referentes aos itens de controle estão apresentados no Quadro 3, que apresenta os limites superior e inferior de especificação, a porcentagem dos dados observados fora dos limites e a indicação do gráfico sequencial, representados nas Figuras 11-19.

Quadro 3: Itens de controle observados para o processo de produção do carvão vegetal (Quadro resumo)

Item de controle	Limite inferior de especificação	Limite superior de especificação	% dos dados fora do limite de especificação	Gráfico sequencial
Densidade à granel	220 kg/MDC	280 kg/MDC	83	Figura 11
Densidade aparente	480 kg/m ³	560 kg/m ³	100	Figura 12
Resistência mecânica	70%	100%	10	Figura 13
Umidade do Carvão	0%	8%	0	Figura 14
Materiais voláteis	19%	25%	49	Figura 15
Carbono fixo	75%	80%	46	Figura 16
Cinzas	0%	1%	20	Figura 17
Percentual de finos (% do Peso)	0%	16%	39	Figura 18
Percentual de finos (% do Volume)	0%	12%	52	Figura 19

Os limites de especificação foram informados pela própria empresa e representa os requisitos de qualidade exigidos pelo cliente, no caso a unidade siderúrgica. Para cada item de controle, foi calculado o percentual de dados fora dos limites de especificação. Para isso, foi levantado o percentual dos resultados, das 71 amostras, que não estavam dentro dos limites superior e inferior de especificação.

Para a densidade a granel, o limite superior de especificação definido pelo cliente do processo é de 280 kg/mdc e o limite inferior de especificação é de 220

kg/mdc. A partir da análise dos dados, foi possível observar que 83% dos dados estavam fora dos limites de especificação do cliente. Na Figura 11 é possível observar a distribuição dos dados entre os limites de especificação.

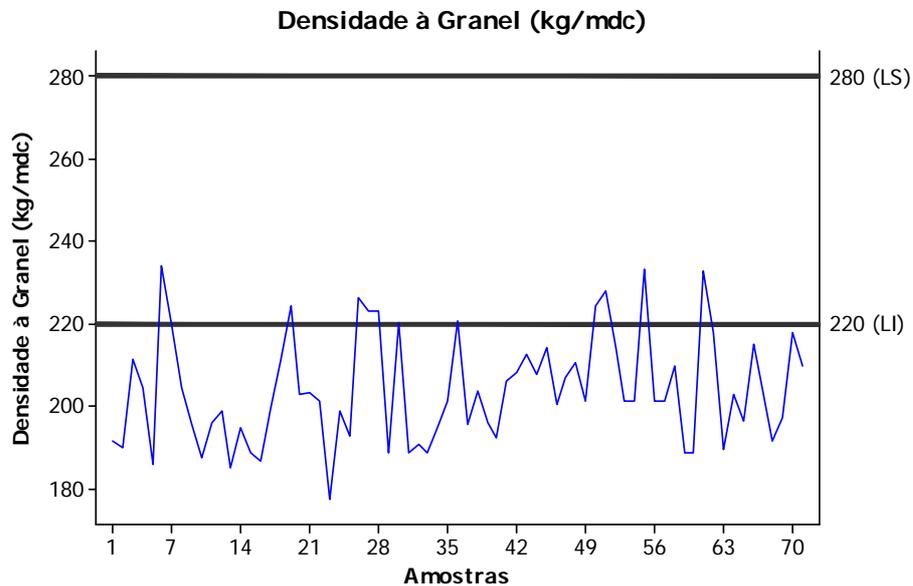


Figura 11: Gráfico sequencial da densidade à granel.

Para a densidade aparente, o limite superior de especificação definido pelo cliente do processo é de 560 kg/m³ e o limite inferior de especificação é de 480 kg/m³. A partir da análise, foi possível observar que 100% dos dados estavam fora dos limites de especificação do cliente. Na Figura 12 é possível observar a distribuição dos dados entre os limites de especificação.

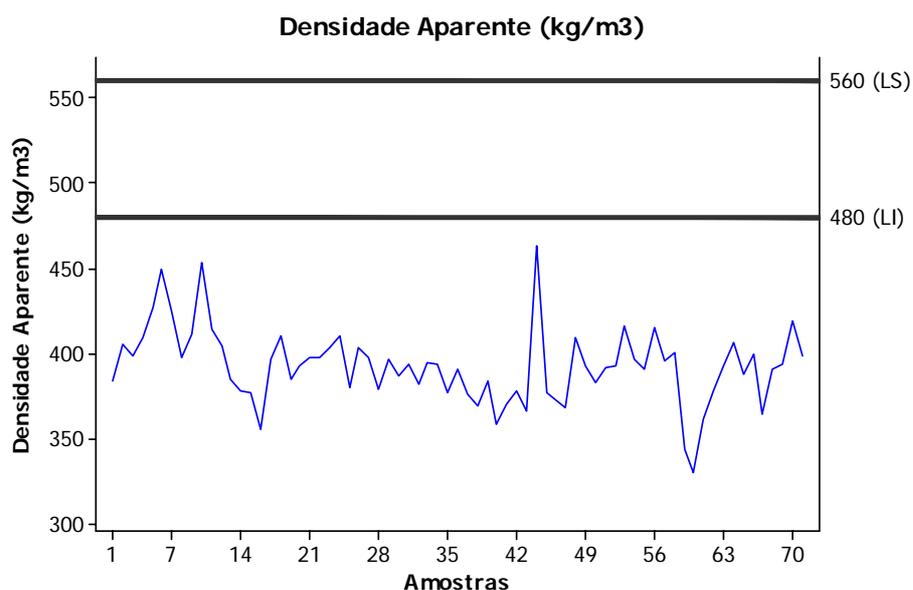


Figura 12: Gráfico sequencial da densidade aparente.

Para a resistência mecânica, o limite superior de especificação definido pelo cliente do processo é de 100% e o limite inferior de especificação é de 70%. A partir da análise dos dados, foi possível observar que apenas 10% estavam fora dos limites de especificação do cliente. Na Figura 13 é possível observar a distribuição dos dados entre os limites de especificação.

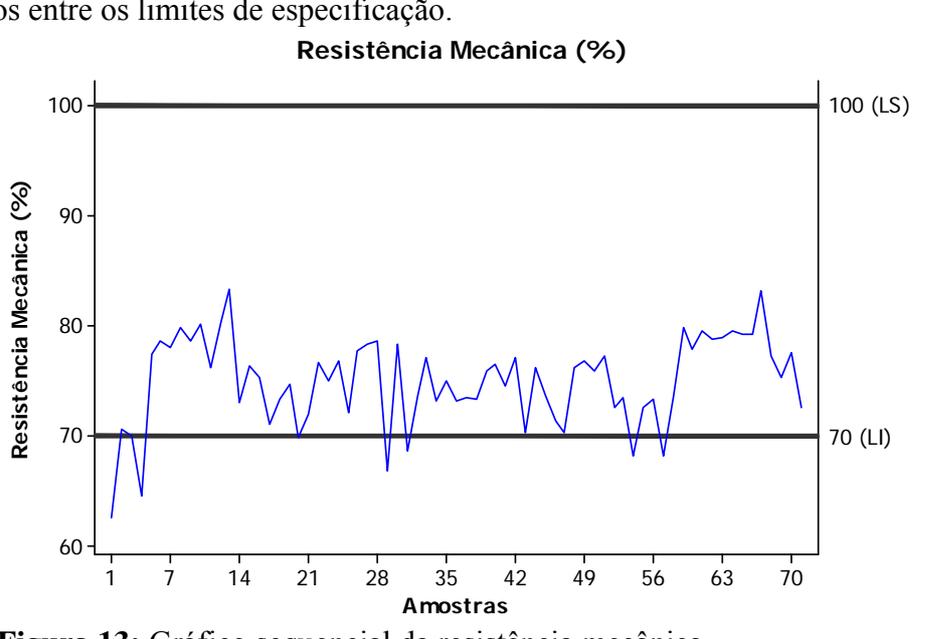


Figura 13: Gráfico sequencial da resistência mecânica.

Para o indicador % de Umidade, o limite superior de especificação definido pelo cliente do processo é de 8% e o limite inferior de especificação é de 0%. A partir da análise dos dados, foi possível observar que 100% estavam dentro dos limites de especificação do cliente. Na Figura 14 é possível observar a distribuição dos dados entre os limites de especificação.

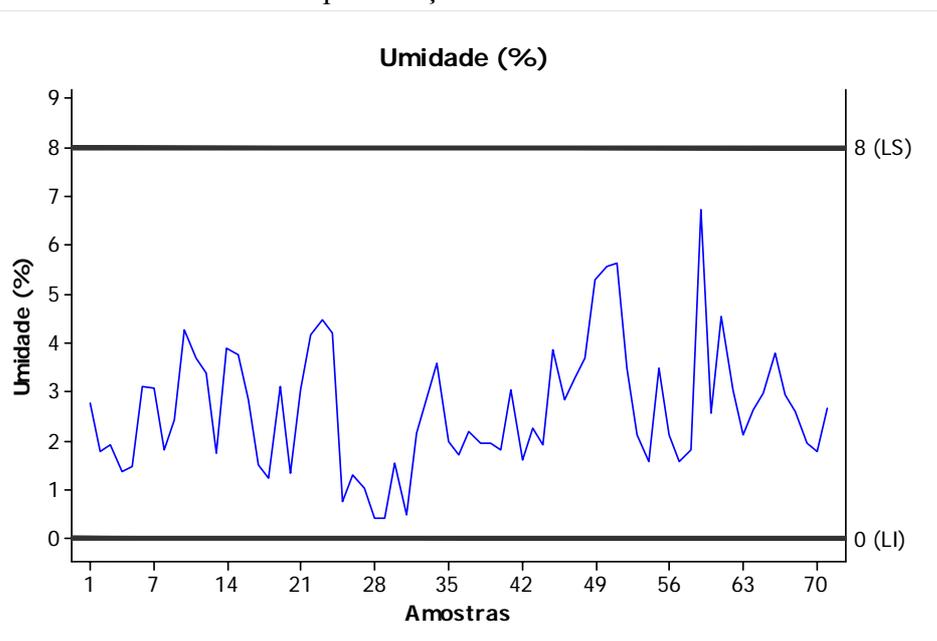


Figura 14: Gráfico sequencial da umidade.

Para o percentual de materiais voláteis, o limite superior de especificação definido pelo cliente do processo é de 25% e o limite inferior de especificação é de 19%. A partir da análise dos dados, foi possível observar que 49% estavam fora dos limites de especificação do cliente. O gráfico sequencial ilustra a variação deste item de controle, ao longo do tempo e entre os limites de especificação (Figura 15).

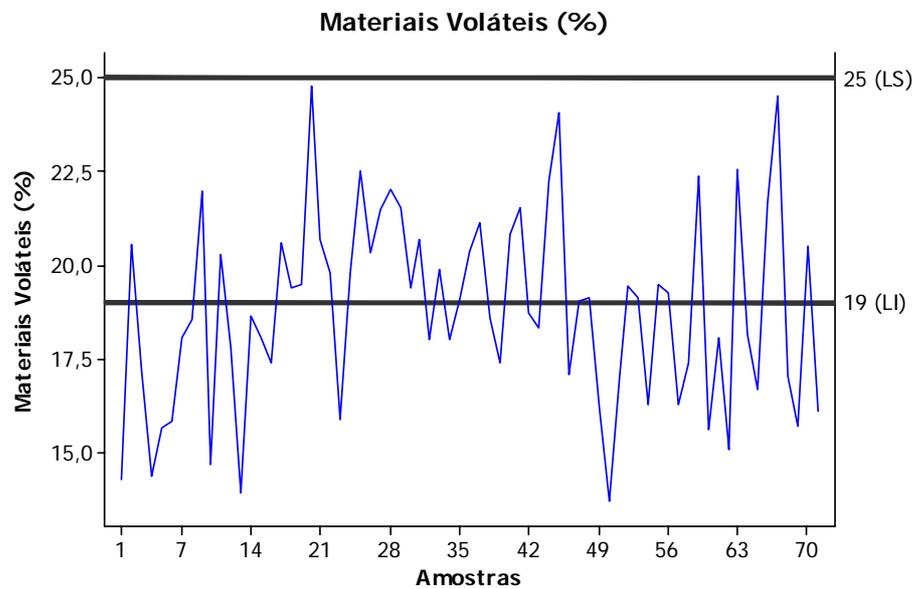


Figura 15: Gráfico sequencial de materiais voláteis.

Para o Carbono fixo, o limite superior de especificação definido pelo cliente do processo é de 80% e o limite inferior de especificação é de 75%. A partir da análise dos dados, foi possível observar que 46% estavam fora dos limites de especificação do cliente. Na Figura 16 é possível observar a distribuição dos dados entre os limites de especificação.

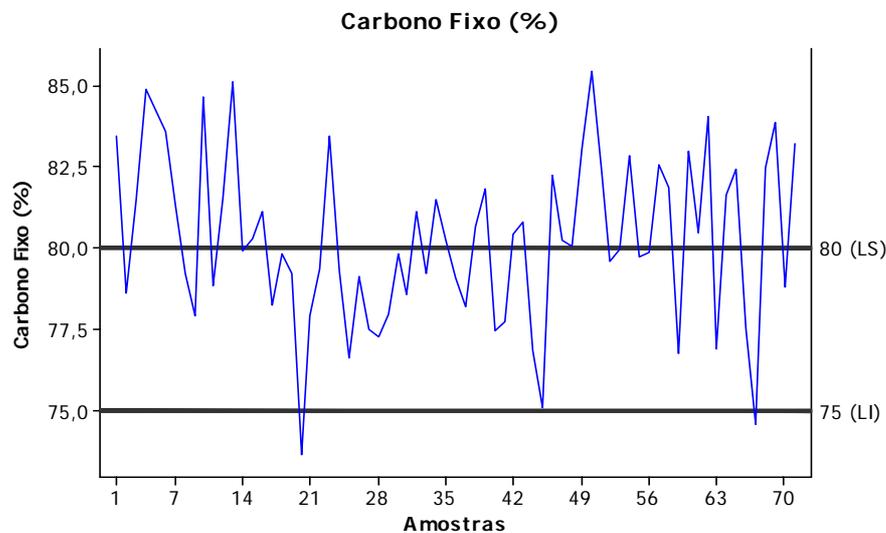


Figura 16: Gráfico sequencial de carbono fixo.

Como podemos observar na Figura 17, para o indicador % de Cinzas, o limite superior de especificação definido pelo cliente do processo é de 1% e o limite inferior de especificação é de 0%. A partir da análise dos dados, foi possível observar que, 20% estavam fora dos limites de especificação do cliente.

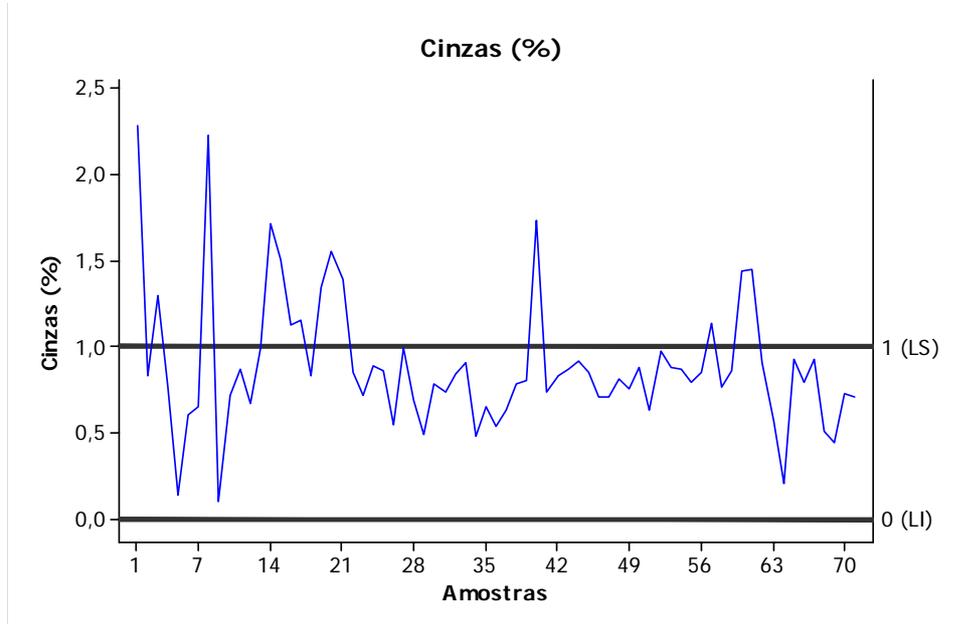


Figura 17: Gráfico sequencial de cinzas.

Analisando a distribuição dos dados com relação ao indicador Finos (% de Peso), representado na Figura 18, pode-se observar que o limite superior de especificação é de 16% e o limite inferior de especificação é de 0%. A partir da análise dos dados, foi possível observar que, 39% estavam fora dos limites de especificação do cliente.

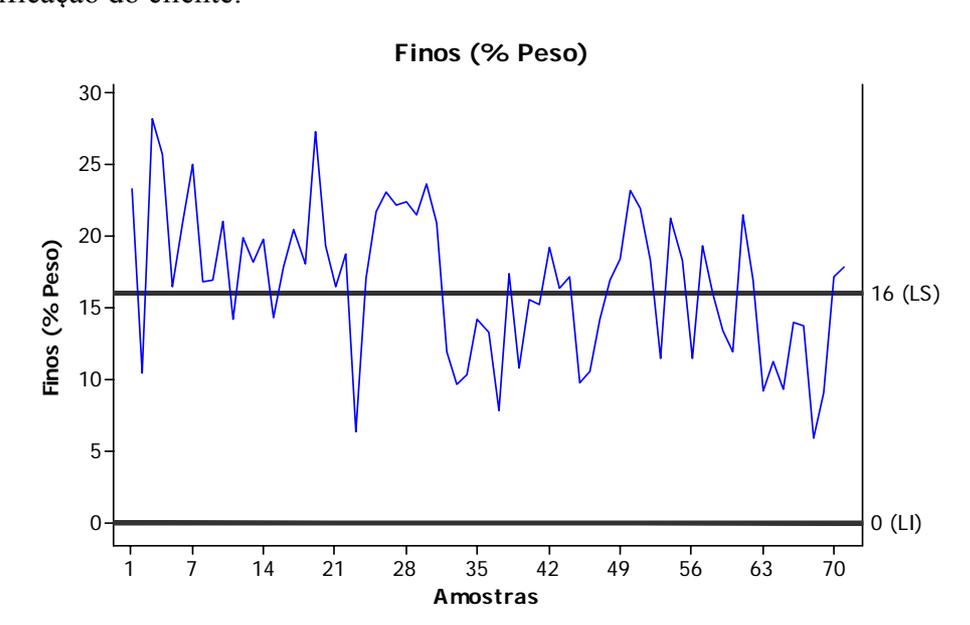


Figura 18: Gráfico sequencial de finos (% Peso).

Com relação ao indicador finos (% de volume), o limite superior de especificação definido pelo cliente do processo é de 12% e o limite inferior de especificação é de 0%.

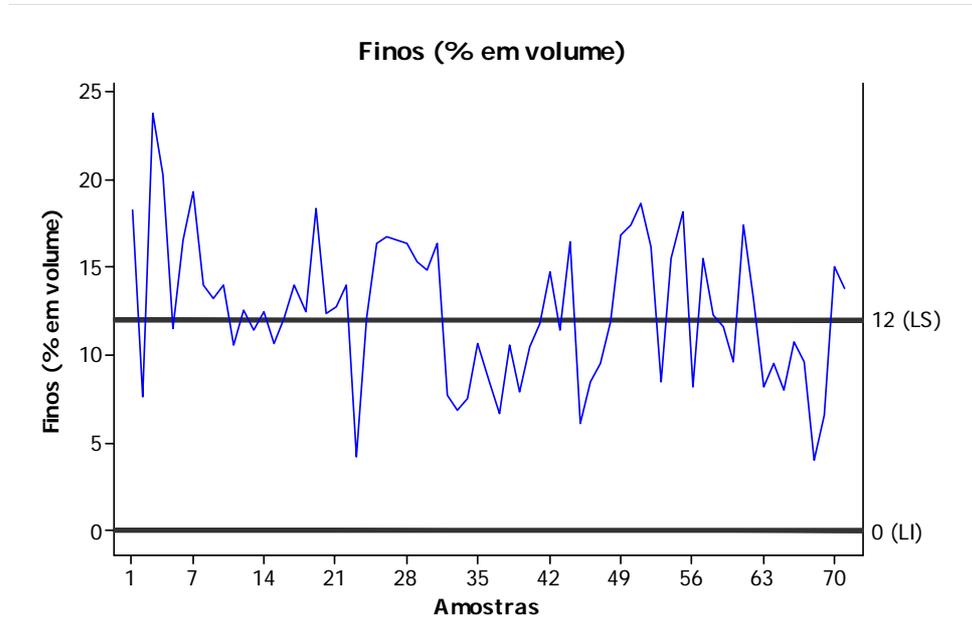


Figura 19: Gráfico sequencial de Finos (% em volume).

A partir da análise dos dados, foi possível observar que, 52% estavam fora dos limites de especificação do cliente. O gráfico sequencial ilustra claramente a variação deste item de controle, ao longo do tempo e entre os limites de especificação (Figura 19).

De acordo com as análises realizadas, observa-se que para a maioria dos indicadores (itens de controle), o processo não está atendendo satisfatoriamente os requisitos do cliente representados pelos limites de especificação. Sugere-se assim que seja feita uma avaliação, observando se as especificações foram determinadas arbitrariamente e se realmente representam os valores que influenciam no bom desempenho dos processos nas siderúrgicas.

De acordo com Gygi et al. (2008), as especificações devem ter cinco características, são elas: ser razoável (baseada em uma estimativa realista das necessidades do cliente), compreensível (de interpretação clara), mensurável (possível medir o desempenho da característica), confiável (a equipe de trabalho se esforça para alcançá-la) e alcançável (o nível e a amplitude da especificação podem ser alcançados). De acordo com o Quadro 2 e as Figuras 11-19, ficou evidenciado

que as especificações não representam a realidade do processo, dessa forma a empresa deve analisar e ajustar suas especificações, ou interferir no processo de forma atender os itens de controle solicitados pelos clientes.

Como a conclusão da análise dos indicadores do processo leva a decisões de gerenciamento do processo produtivo, é necessário ter certeza de que os dados são confiáveis. A alta variabilidade dos dados, observada nos gráficos sequenciais, e os valores fora dos limites de especificação, observados no processo em estudo, poderiam ser originados de erros de medição. De acordo com Werkema (2006), os principais fatores responsáveis pela variabilidade associada aos processos de medição são desgaste de componentes do instrumento de medição, falta de calibração do aparelho de medição, treinamento insuficiente dos avaliadores, emprego de procedimentos de medição inadequados, posição em que o item a ser medido é colocado no aparelho de medição e condições ambientais.

Os erros de medição são classificados em duas grandes categorias, erro de exatidão e precisão, o primeiro é a diferença entre a medição observada e o valor verdadeiro, já o segundo é a condição de observar a variação de medição a medição (GYGI et al. 2008). De acordo com o autor, se um sistema de medição for imperfeito, os seus dados também serão e conseqüentemente as análises não serão precisas. Sendo assim, sugere-se que seja feita uma análise do sistema de medição da empresa antes que seja tomada alguma decisão gerencial baseada na análise dos dados aqui realizada.

Se após analisados os limites de especificação e o sistema de medição da empresa, os itens de controle permanecerem fora das especificações, sugere-se identificar e priorizar os itens de controle que apresentam maiores índices de não conformidade para serem analisados. Uma ferramenta gráfica que auxilia a visualização dos percentuais de não conformidade de cada item de controle em relação ao total de não conformidade é o gráfico de Pareto. Sendo assim, para a priorização dos itens de controle a serem analisados, sugere-se a utilização dessa ferramenta, como representado na Figura 20.

A partir do gráfico construído é possível priorizar os itens de controle responsáveis por 80% das não conformidades totais, a saber: densidade aparente, densidade a granel, finos (% em volume), materiais voláteis, carbono fixos e finos (% do peso). Dessa forma, sugere-se focar nesses itens para fazer uma análise mais

detalhada do processo e identificar as principais causas das não conformidades correspondentes.

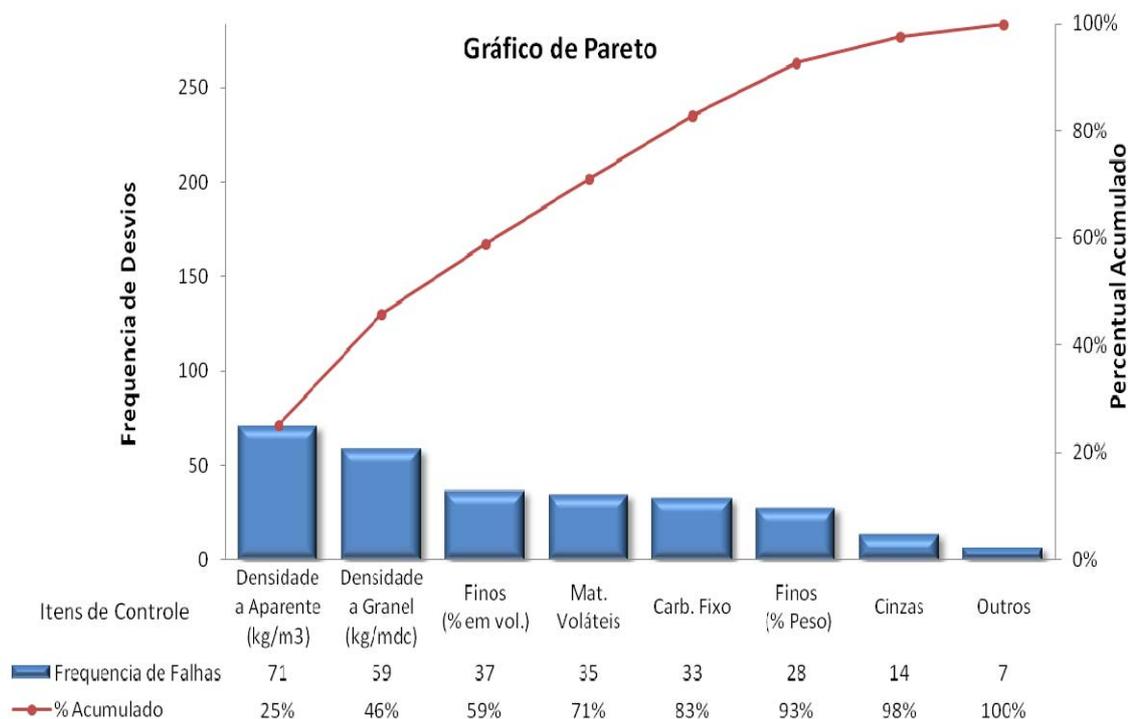


Figura 20: Gráfico de Pareto com o percentual de não conformidade de cada item de controle.

Para a identificação das principais causas a equipe de trabalho poderá utilizar como ferramenta da qualidade as sessões de “*brainstorming*”, envolvendo pessoas do setor de produção para levantarem as principais causas para o não alcance das especificações do processo. O “*brainstorming*” é utilizado para avaliar as causas de anomalias no processo, utilizando para isso o conhecimento das pessoas sobre o assunto (AGUIAR, 2006).

Para dispor de forma gráfica o relacionamento entre os problemas a serem tratados e as suas causas, sugere-se a utilização de diagramas de causa e efeito. Além de ser utilizado como ferramenta para apresentar a relação existente entre o problema e os fatores do processo que podem provocar o problema, também atua como um guia para a identificação da causa fundamental e para determinação das ações que deverão ser adotadas. Os problemas podem ser classificados como sendo de seis tipos: método, matéria-prima, mão de obra, máquinas, medição, meio ambiente.

Como a empresa já dispõe de procedimentos operacionais padrão desenvolvidos e ainda capacita e audita sua mão-de-obra, sugere-se analisar e

identificar oportunidades de melhoria nos procedimentos já desenvolvidos, e se necessário, desenvolver novos procedimentos e investir na capacitação da mão-de-obra.

Caso se verifique a necessidade, sugere-se identificar oportunidades de melhoria com os seguintes envolvidos: gestor do processo, equipe de produção, fornecedores de insumos, equipe de suporte e clientes do processo, visando implantar a reestruturação do processo de produção de carvão vegetal da empresa. O objetivo de reestruturar um processo é implantar melhoria na sua estrutura visando aumentar o seu desempenho.

A reestruturação de processos também é chamada por alguns autores de redesenho de processos. O objetivo do redesenho é maximizar a eficiência das atividades de trabalho, fazendo com que os *inputs* e *outputs* sejam identificados e melhorados, e que todas as etapas desnecessárias ou insatisfatórias sejam detectadas (SALES, 2007). Segundo o autor, o redesenho é um estudo com o objetivo de sanar as deficiências e tornar o processo mais eficiente.

5.3 Relação entre as variáveis do processo

Para compreender uma possível relação de causa e efeito entre os itens de verificação (processo) e os itens de controle (produto), foi feita uma análise de correlação e aplicação do teste t a 5% de significância. Os resultados da correlação encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Correlações entre as variáveis do processo (itens de verificação) e as características de qualidade do carvão vegetal (itens de controle).

Variáveis	DG	DA	RM	Um	MV	CF	Cz	FP	FV
DS	-0,14	0,24*	-0,16*	-0,10	0,03	-0,05	0,17*	0,23*	0,10
TC	-0,00	0,23*	-0,16*	-0,03	-0,10	0,09	0,01	-0,05	-0,02
TR	-0,12	-0,16*	0,17*	0,16*	0,01	-0,00	-0,11	-0,42*	-0,33*

* Correlações significativas, a 5 % de probabilidade pelo teste t.

Onde, (DS) dias de secagem; (TC) tempo de carbonização; (TR) tempo de resfriamento; (DG) densidade à granel, em kg/mdc; (DA) densidade aparente, em kg/m³; (RM) resistência mecânica, em %; (Um) teor de umidade do carvão, em %; (MV) teor de materiais voláteis; (CF) teor de carbono fixo; (Cz) teor de cinzas; (FP) percentual de finos, em peso; (FV) percentual de finos, em volume.

Observa-se, a partir dos dados apresentados na Tabela 1 que:

O item de verificação, dias de secagem da madeira (DS), apresentou correlação positiva com a densidade aparente (DA) (0,24), negativa com a resistência mecânica (RM) (-0,16), positiva com o teor de cinzas (Cz) (0,17) e positiva com o percentual de fios em peso (FP) (0,23).

O item de verificação, tempo de carbonização da madeira (TC), apresentou correlação positiva com a densidade aparente (DA) (0,23) e correlação negativa com o item de controle resistência mecânica da madeira (RM) (-0,16).

O item de verificação, tempo de resfriamento (TR), apresentou correlação negativa com a densidade aparente (DA) (-0,16), correlação positiva com a resistência mecânica do carvão (RM) (0,17), correlação positiva com o teor de umidade no carvão vegetal (Um) (0,16), correlação negativa com o percentual de finos/peso (FP) (-0,42) e ainda apresentou correlação negativa com o item de controle percentual de finos/volume (FV) (-0,33).

Correlação não significa uma relação de causa e efeito, a ocorrência de dois eventos ao mesmo tempo, não significa que um tenha ação de causa sobre o outro. Segundo Gygi et al. (2008), duas variáveis legitimamente correlacionadas não necessariamente têm relação de causa e efeito entre elas, essa relação de causalidade provavelmente vai existir se tiver uma explicação sensata para a causa e o efeito e se a ligação ocorrer em diferentes condições ambientais.

Sendo assim, sugere-se o planejamento de experimentos, com o objetivo de identificar a relação de causalidade entre os itens de controle e os itens de verificação.

Com a identificação da correlação entre os itens de controle e os itens de verificação, e a confirmação da possível relação de causa e efeito, confirmou-se a importância do acompanhamento dos itens de verificação do processo, pois esses podem afetar a qualidade do produto final.

Foi observado que alguns itens de controle como materiais voláteis, densidade à granel e carbono fixo, não apresentam nenhuma correlação com os itens de verificação estudados. Sendo assim, sugere-se o acompanhamento e controle de outros itens de verificação como, por exemplo: temperatura de carbonização, umidade da madeira, diâmetro da madeira e taxa de aquecimento.

5.4 Avaliação qualitativa dos custos da qualidade

Após o acompanhamento do processo, os itens referentes aos custos da qualidade foram classificados em custos de prevenção, avaliação e de falhas internas.

Os itens referentes aos custos de avaliação identificados durante o acompanhamento do processo foram agrupados na Tabela 2, os referentes aos custos de prevenção na Tabela 3 e aqueles referentes às falhas na Tabela 4.

A empresa dispõe de um laboratório para as análises das amostras de carvão vegetal e para isso ela mantém equipamentos para realizar as análises, os quais geram custos de aquisição, de energia para o funcionamento e para a regulagem e manutenção. Além disso, são necessários funcionários para coletar as amostras nas plantas de carbonização, para transporte das amostras até o laboratório e para as análises e tratamentos dos dados. Esses foram agrupados na categoria de custos de avaliação, conforme tabela a seguir.

Tabela 2: Custos de avaliação no processo de produção de carvão

Custos de Avaliação

Planejamento de testes e inspeções (Laboratório)

Equipamentos

Mão-de-obra

Custos gerais (energia, água e limpeza)

Tratamento de dados e geração de relatórios

Regulagem e manutenção dos equipamentos

Visando prevenir falhas no processo de produção, a empresa elabora e revisa constantemente os procedimentos operacionais, realiza treinamentos, auditorias, vistorias em máquinas e equipamentos. Essas atividades geram custos principalmente de pessoal e esses foram agrupados na categoria de custos de prevenção, conforme tabela a seguir. Também foram incluídos nessa categoria os custos de manutenção preventiva de equipamentos e fornos.

Com relação aos custos de falhas, agrupados na tabela 4, foram incluídos todos os custos decorrentes de falhas no processo de produção. Entre esses custos, foi considerada a ocorrência de atícos, fato que gera atrasos na produção e perda de tempo de máquinas e pessoas, tanto para a retirada desse material do monte de

carvão quanto para enforná-los para que passem pela carbonização novamente. Outro custo relacionado a ocorrência de atijos no processo é quando esse material vai para a siderúrgica acarretando descontos no volume produzido, o que reduz a produtividade dos fornos.

Tabela 3: Custos de prevenção no processo de produção de carvão vegetal

Custos de Prevenção

Revisão e atualização de instruções e procedimentos operacionais padrão

Treinamentos

Procedimentos Operacionais Padrão

Relato de Falhas

5S

Auditorias

Manutenção preventiva de equipamentos

Manutenção preventiva dos fornos

Reforma dos fornos

Auditorias da qualidade

Vistorias nas máquinas

Vistoria da IPU /Inspeção pré-uso (diária)

Vistoria completa nas carretas (quinzenal)

Com relação aos custos de falhas, agrupados na Tabela 4, foram incluídos todos os custos decorrentes de falhas no processo de produção. Entre esses custos, foi considerada a ocorrência de atijos, fato que gera atrasos na produção e perda de tempo de máquinas e pessoas, tanto para a retirada desse material do monte de carvão quanto para enforná-los para que passem pela carbonização novamente. Outro custo relacionado a ocorrência de atijos no processo é quando esse material vai para a siderúrgica acarretando descontos no volume produzido, o que reduz a produtividade dos fornos.

A ocorrência de focos de fogo no forno, também compromete a produtividade do processo, devido à queda de qualidade no carvão produzido, em consequência da

utilização de água para apagar o fogo, e do custo de mão-de-obra e máquina para apagar os focos. Foi observada a necessidade de manter um estoque de carvão vegetal na praça de carbonização, o que também foi considerado como custo de falhas.

Tabela 4: Custos de falhas no processo de produção de carvão vegetal.

Custos de falhas

Ocorrência de Atiços

Tempo para retirar do monte de carvão

Mão-de-obra (hora-homem)

Máquina parada (hora-máquina)

Atrasos na produção

Avaliação de atiços no carregamento

Descontos no volume produzido

Retrabalho (Reenfornar os atiços)

Fornos com Focos de Fogo

Hora-máquina (Caminhão Pipa)

Operador (hora-homem)

Queda da qualidade do carvão

Comprometimento da produtividade

Estoque

Alta taxa de absenteísmo

Alta rotatividade

Paradas no processo devido às más condições da pista (buracos/barr

Tempo para fazer o relato de falhas

Atrasos na produção

Fornos apagados

Fornos sem ignição

Falta de vedação de carbonização

Fornos com focos de fogo

Por meio de entrevistas com os encarregados de produção e análise de documentação, foi verificada a existência de elevada rotatividade de pessoal e taxa de absenteísmo. A contratação de novos colaboradores gera a necessidade de tempo para treinar e orientar essas pessoas recém-contratadas.

As más condições de manutenção da praça de carbonização, evidenciadas por buracos na pista, leva a paradas na produção, as quais também foram consideradas como custos.

Também foram consideradas como custo de falhas algumas situações que geram atrasos na produção, são elas: fornos apagados, fornos sem ignição e falta de vedação.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, foi verificada a ausência de avaliação, de forma qualitativa e quantitativa, dos custos da qualidade no processo de produção de carvão da empresa. A utilização das ferramentas de controle auxilia a colocar em evidência as fontes de custos e devem ser utilizadas como mais uma forma de índices de avaliação da qualidade no processo. A definição das três zonas de custos da qualidade permite saber até que ponto é economicamente viável realizar o controle, determinando-se o chamado ponto de eficácia apresentado pela literatura (JURAN e GRAYNA, 1981; ROBLES JUNIOR, 1996).

Recomenda-se a determinação dos custos da qualidade até que o sistema de gestão da qualidade esteja implantado e sedimentado, pois em um processo produtivo onde existem muitas variáveis em questão, não se deve esquecer que, para produzir com qualidade, além de satisfazer o cliente deve-se reduzir os recursos envolvidos no processo. Sendo de fundamental importância o levantamento dos recursos gastos na melhoria do processo, na prevenção de falhas assim como as perdas geradas em consequência de falhas no processo.

Em um programa de gestão da qualidade é importante que se faça uma abordagem econômica, para mensurar os investimentos para garantir a qualidade e as perdas com a não qualidade. Com isso é possível determinar o retorno financeiro que poderia ser atingido com a implantação de um projeto de melhoria.

Robles Junior (1996) cita alguns objetivos de se mensurar os custos da qualidade, como por exemplo, avaliar os programas de qualidade, revelar o impacto financeiro das decisões de melhoria da qualidade, revelar por meio de relatórios o sucesso da administração em cumprir com os objetivos da qualidade, fixar objetivos e recursos para treinamento de pessoal entre outros.

Sugere-se então que a empresa implemente uma rotina de avaliar os custos da qualidade como uma ferramenta no auxílio do gerenciamento do processo de produção de carvão vegetal, pois, as análises dessas informações são *inputs* para a tomada de decisão gerencial e estratégica da empresa.

6. CONCLUSÕES

Com a elaboração do mapa do processo foi possível identificar as atividades do processo, os indicadores de desempenho e as interfaces do processo, conferindo um melhor entendimento do processo de produção de carvão vegetal.

Por meio da análise dos itens de controle, foi possível diagnosticar a situação atual do processo, na medida em que foram identificadas as características de qualidade do produto para utilização em siderúrgicas (clientes). De acordo com os resultados obtidos, é possível concluir que na situação atual, para a maioria dos itens de controle, o processo não está atendendo às especificações do cliente.

Conforme a análise de correlação entre os itens de controle e os itens de verificação, confirmou-se a importância do acompanhamento dos itens de verificação do processo, pois esses podem afetar a qualidade do produto final. Foi observado que os itens de controle materiais voláteis, densidade à granel e carbono fixo não apresentam nenhuma correlação com os itens de verificação estudados. Sendo assim, foi identificada a necessidade do acompanhamento de novos itens de verificação do processo de produção que possam afetar esses itens de controle do produto.

Por meio do acompanhamento do processo produtivo foi possível avaliar qualitativamente os itens referentes aos custos da qualidade que ocorrem no processo, sendo esta análise uma importante ferramenta gerencial. Foram identificados e classificados os custos de avaliação, prevenção e falhas do processo, permitindo que no futuro a empresa possa determinar quantitativamente esses custos e direcionar melhor o gerenciamento do processo de produção de carvão.

Concluí-se que a metodologia de gestão por processos permitiu a avaliação, análise e identificação de pontos de melhoria do desempenho operacional do processo de produção de carvão vegetal.

7. REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 9000: 2000. **Sistemas de Gestão da Qualidade: Fundamentos e Vocabulário**. Rio de Janeiro, RJ. ABNT, 2000. 32 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 9001:2008. **Sistema de gestão da qualidade-Requisitos**. Segunda edição (28.11.2008) e validada a partir de 28.12.2008. 28 p.

ABRAF - (Associação Brasileira de Produtos de Florestas Plantadas) **Anuário estatístico da ABRAF 2011 ano base 2010** / ABRAF. – Brasília, DF. 2011. 130p.

AGUIAR, S. **Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa Seis Sigma**. Nova Lima, MG. INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2006. 234p.

ALMEIDA, A. M. D. P.; VARGAS, J. O. ; VIEIRA, J. G. V.; FARIA, A. F. **O uso de ferramentas de qualidade para conhecimento analítico do processo de devolução de produtos em um centro de distribuição**. In: IV Encontro Mineiro de Engenharia de Produção, Ouro Preto, MG. 2008. 8p.

BARBOSA, E. F. **Gerência da qualidade total na educação**. Belo Horizonte, MG. Escola de Engenharia da UFMG, Fundação Christiano Ottoni, 1994. 36 p.

BELÉM, M. S. B.; WANDERLEY, J. M. C. **Indicadores de desempenho como ferramenta para avaliar a gestão estratégica da têxtil limoeiro malhas**. In: XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE. 9 a 11 de Outubro de 2006. 8p.

BRITO, J. O. **Reflexões sobre qualidade do carvão vegetal para uso siderúrgico.** IPEF, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Circular Técnica n°. 181. Fevereiro de 1993. 6p.

Cadernos Rumo a Excelência: **Introdução ao Modelo de Excelência da Gestão (MEG).** Fundação Nacional da Qualidade. São Paulo, SP. 2008. 22 p.

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle de qualidade total (no estilo japonês).** Belo Horizonte, MG. Fundação Christiano Ottoni. Escola de Engenharia da UFMG, 1992. 229 p.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia.** Nova Lima, MG. INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004. 266 p.

CAMPOS, V. F. **O verdadeiro poder.** Nova Lima, MG. INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2009. 158 p.

CAMPOS, V. F. **Controle da Qualidade Total (no estilo japonês).** Nova Lima, MG. INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004. 256 p.

CARDOSO, M. T.; CARNEIRO, A. C. O.; DAMÁSIO, R. A. P.; JACOVINE, L. A. G.; VITAL, B. R.; MARTINS, M. C; SANTOS, R. C. Efeito da combustão dos gases da carbonização no rendimento gravimétrico da madeira de *Eucalyptus* sp. **Revista Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 1, n. 2, p. 20-31, nov. 2010.

CARVALHO, M. M. de.; PALADINI E. P. **Gestão da qualidade: teoria e casos.** Rio de Janeiro, RJ. Elsevier, 2005, 355 p.

CARPINETTI, L. C. R.; MIGUEL, P. A C.; GEROLAMO, M. C. **Gestão da qualidade ISO 9001:2000 Princípios e requisitos.** São Paulo, SP. Atlas, 2007. 111 p.

COLENGHI, V.M. **O&M e Qualidade Total: uma integração perfeita.** 3° ed. Uberaba, MG. Ed. V. M. Colenghi, 2007. 272 p.

COSTA, R. M.; BARBOSA, E. F. **Implantação da Gestão da Qualidade Na Educação.** Belo Horizonte, MG. Fundação Christiano Ottoni - FCO, 1996. v. 1. 188 p.

CROSBY, P. B. **Qualidade é investimento: a arte de garantir a qualidade** Tradução: Áurea Weisenberg. 6°. ed. Rio de Janeiro, RJ. Olympio, 1994. 327 p.

ELLENRIEDER, A. R. von; CYMBALISTA, M.; BOUER, G.; FLEURY, A. C. C.; MUSCAT, A. R. FERREIRA, J. J. do A. **Qualidade Industrial, análises e proposições.** Brasília, DF. 1998. 96p.

FARIA, A. F.; SOUSA, D. R.; SILVA, KARINA R. **Gestão por processos aplicada em estruturas de contact center.** XXVI Enegep - Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Fortaleza, CE. 2006. 9 p.

FARIA, A.F.; MOTA, E.M.; VIEIRA, J.G.V. **Gestão por processos aplicada em uma incubadora de empresas de base tecnológica.** IV Emepro - Encontro Mineiro de Engenharia de Produção - Ouro Preto, MG. 2008.

FARIA, A. F.; MUGLIA, T. S. C.; MAGALHÃES, B. L. **Implantação do sistema de gestão de qualidade em uma incubadora de empresas de base tecnológica.** XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, BA. 2009. 15 p.

FEIGENBAUM, A. V. **Controle da qualidade total.** 1. ed. São Paulo, SP. Makron Books, 1994. v. 1. 205 p.

GONÇALVES, J. E. L. As empresas são grandes coleções de processos. RAE - **Revista de Administração de Empresas.** vol. 40, n. 1, p.6-9, jan./mar 2000.

GYGI, C.; DECARLO, N.; WILLIAMS, B. **Seis Sigma para leigos.** Rio de Janeiro, RJ. Ed Alta Books. 2008. 335p.

HUTCHINS, G. **ISO 9001: Um Guia completo para o registro, as diretrizes da auditoria e a certificação bem-sucedida.** São Paulo, SP. Makron Books, 1994. 280 p.

JACOVINE, L. A. G. **Desenvolvimento de uma metodologia para avaliação dos custos da qualidade na colheita florestal semimecanizada.** Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 1996. 109p.

JURAM, J. M.; GRZYNA, F. M. **Controle da qualidade: handbook.** São Paulo, SP. Mc Graw-Hill. 1991.

JURAM, J. M.; GRZYNA, F. M. **Controle da qualidade: handbook.** São Paulo, SP. Mc Graw-Hill. 1992.

KARDEC, A.; FLORES, J.; SEIXAS, E. **Gestão estratégica e indicadores de desempenho**. Rio de Janeiro, RJ. Qualitymark: ABRAMAN, 2002.

LADEIRA, H. P. **Quatro décadas de engenharia florestal no Brasil**. Viçosa, MG. Sociedade de Investigações Florestais, 2002. 207 p.

LINS, B. F. E. Ferramentas básicas da qualidade. **Revista Ciência da Informação**. Brasília, DF. v. 22, n. 2, p. 153-161, maio/ago. 1993.

MARIANI, C. A. **Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso**. Revista de Administração e Inovação, São Paulo, SP. v. 2, n. 2, p. 110-126, 2005.

MOSSO, M. M. **Introdução à estratégia em qualidade**. Rio de Janeiro, RJ. ESC Cons, 2001. 141 p.

NAKAI, T.; KARTAL, S. N.; HATA, T.; IMAMURA, Y. **Chemical characterization of pyrolysis liquids of wood-based composites and evaluation of their bio-efficiency**. Building and Environment, Oxford, v. 42, n. 3, p. 1236-1241, 2007.

PAULA, R.A de. **Metodologia para determinação dos custos da qualidade em produção de mudas de eucalipto**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 1997. 78p.

PALADINI, E. P. **Gestão Estratégica da Qualidade: princípios, métodos e processos**. São Paulo, SP. Atlas, 2008. 202 p.

PALADINI, E. P. **Qualidade Total na Prática – Implantação e avaliação de sistemas de qualidade total**. 2. ed. São Paulo, SP. Atlas, 1997. V. 1. 224 p.

PIMENTA, A. S.; BARCELLOS, D. C. **Curso de atualização em carvão vegetal**. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa/Centro produções Técnicas – CPT, 2000. 76 p.

RAMOS, A. W. **CEP para processos contínuos e em bateladas** – São Paulo, SP. Edgar Bluger, 2000. 129p.

ROBLES JUNIOR, A. **Custos de qualidade: uma estratégia para a competição global.** São Paulo, SP. Atlas, 1996. 135 p.

ROTONDARO, R. G; RAMOS, A. W; RIBEIRO, C.O.; MIYAKE, D. I; NAKANO. D.; LAURINDO. F. J. B.; HO, L. L.; CARVALHO, M. M. de; BRAZ, M. A.; BALESTRASSI, P. P. **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços.** São Paulo, SP. Atlas, 2006. 375p.

ROSSATO, I. F. **Uma metodologia para a análise e solução de problemas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. Florianópolis, SC. 1996. 133 p.

ROTHERY, B. **ISO 9000.** São Paulo, SP. Makron Books, 1993. 268p.

SALES, L. S. Reestruturação organizacional X Redesenho de processos, 2007. Disponível em: <http://www.ucj.com.br/noticias/14-diario-do-comercio/64-reestruturacao-organizacional-x-redesenho-de-processos.html>. Acessado em: 22/08/2011

SCARATTI, D.; SILVA, M. B. da Implantação de ferramentas de controle estatístico de processo no ensaque de farinha de soja integral micronizada. **Revista Unoesc & Ciência** – ACET, Joaçaba, v. 1, n. 1, p. 39-48, jan./jun. 2010.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 2 ed. São Paulo, SP. Editora Atlas, 2002. 747 p.

TIGRE, P.B. **Gestão da Inovação: a economia da tecnologia no Brasil.** 1 ed. Rio de Janeiro, RJ. Elsevier, 2006. v. 1. 282 p.

TRINDADE, C.; REZENDE, J, L. P.; JACOVINE, L. A. G.; SARTÓRIO, M. L. **Ferramentas da qualidade: aplicação na atividade florestal.** Universidade Federal de Viçosa, MG. 2007. 159 p.

TRINDADE, C. **Análise da gestão da qualidade na empresa florestal.** Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.2001. 141 p.

TRINDADE, C. **Desenvolvimento de um sistema de controle de qualidade para a atividade florestal.** Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 1993. 175p.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Belo Horizonte, MG. Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 304 p.

WERKEMA, M. C. C. **Avaliação de sistemas de medição. Série Seis Sigma – Volume 5.** Belo Horizonte, MG. Werkema Editora, 2006. 116 p.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Belo Horizonte, MG. Werkema Editora, 2006. 302 p.