



HELly SAMPAIO DIAS

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE
CÉLULA PARA PRODUÇÃO DE CARVÃO
VEGETAL**

**LAVRAS - MG
2013**

HELly SAMPAIO DIAS

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE
CÉLULA PARA PRODUÇÃO DE CARVÃO
VEGETAL**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras - UFLA, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação *Latu Sensu* em Formas Alternativas de Energia, para obtenção do título de Especialistas em Formas Alternativas de Energia.

Orientadora
Prof.^a Dra. Luciana Barbosa de Abreu.

**LAVRAS - MG
2013**

HELly SAMPAIO DIAS

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE
CÉLULA PARA PRODUÇÃO DE CARVÃO
VEGETAL**

Monografia apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Curso
de Pós-Graduação *Latu Sensu* em
Formas Alternativas de Energia, para
obtenção do título de Especialista em
Formas Alternativas de Energia.

APROVADA em.....de.....2013

Prof. Dr. _____ (UFLA)

Prof. Dr. _____ (UFLA)

Prof.^a Dra. Luciana Barbosa de Abreu
(Orientadora)

**LAVRAS – MG
2013**

A Cristo Jesus, ao qual minha vida pertence.

A minha esposa e amiga, Nair Soares Sampaio pelo apoio e incentivo em mais uma fase da nossa caminhada.

A minha filha, Camylla Gitã, por tanta compreensão, amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por mais essa vitória.

À minha família, pelo amor e carinho.

À Universidade Federal de Lavras, pelo curso de Pós – Graduação oferecido com qualidade. Ao Coordenador do curso e orientador, Dr. Gilmar Tavares, pelas orientações.

A professora orientadora Dra. Luciana Barbosa de Abreu, pelo apoio e ideias sugeridas no estudo e pesquisa.

À tutora do curso, Iara, por ter nos orientado no ambiente AVA.

À minha filha, acadêmica de direito na Unimontes, pelas constantes dicas e apoio no arranjo das ideias.

Aos professores e funcionários da UFLA, pela organização e receptividade.

Ao meu chefe imediato Odair Beltrame pelo apoio, incentivo e compreensão.

RESUMO

Na produção de carvão o modelo produtivo deve proporcionar adequada condição de trabalho, reduzindo a utilização de mão-de-obra e qualificando constantemente os colaboradores, procurando estabelecer estratégias para redução no tempo do ciclo de carbonização, sem alterar o rendimento e a qualidade do bioredutor produzido. Este estudo objetivou o desenvolvimento, teste e avaliação de um modelo alternativo de forno para a carbonização de madeira, em escala piloto, incluindo a construção e teste de um forno protótipo. Foram propostas mudanças estruturais no corpo do forno de superfície usual, para facilitar a operação de movimentação de madeira e carvão com um modal mecanizado para descarga. Foi construído um forno cilíndrico com 6,00 m de diâmetro, fechado por uma calota de tijolos formando uma abóboda simétrica. Foram utilizados tijolos queimados maciços de alvenaria, rejuntados com barro. Foi proposta a inversão das colunas verticais da porta do forno para que ficassem com as faces desencontradas. Propôs-se a modificação na forma de apoio da abóboda sobre a camisa cilíndrica do forno, para recebimento de forma perpendicular do esforço da cúpula por metro linear. Sugeriu-se a substituição das soleiras lineares de tubos por uma soleira em forma de arco, utilizando armação de cantoneiras, treliças de vergalhões e enchimento com concreto refratário convencional aluminoso. Modificaram-se os contrafortes na forma de pilares para contrafortes contínuos. Foram inseridos dois tatus metálicos para aumento na oxigenação do processo de carbonização. A maioria das variáveis observadas no processo de carbonização foi bastante similar ao observado quando se utiliza fornos tradicionais. No entanto, foi verificado o aumento de 40% no volume de enforamento, o que possibilitou um ganho mensal de 34% no volume de carvão vegetal produzido. Com a mecanização da descarga do forno houve a redução de 44% na mão de obra, de 46 para 26 colaboradores. Reduzindo-se o número de unidades necessárias para produção de 5.000 m³ de carvão/mês, houve ganho de 20% no investimento em montagens de UPCs, diminuindo de 96 para 48 unidades de fornos.

Palavras-Chave: Carvão Vegetal. Forno Protótipo. Mudança Estrutural. Coluna Invertida. Soleira.

ABSTRACT

In the production of coal production model should provide proper working condition, reducing the use of hand labor and qualifying employees constantly looking to establish strategies for reducing the cycle time of carbonization, without changing the yield and quality of produced reducing bio. This study aimed to develop, test and evaluation of an alternative model of the carbonization kilns for wood, pilot scale, including the construction and testing of a prototype oven. Been proposed structural changes in the kiln body surface usual to facilitate moving operation wood and coal with a modal for mechanized unloading. It was built with a kiln cylinder 6.00 m in diameter, closed by a cap of bricks forming a symmetrical dome. We used solid burnt brick masonry, layered with clay. Was proposed reversal of the uprights of the oven door to be with staggered sides. It was proposed modification in the form of support from the vault on the shirt cylindrical kiln for receiving perpendicularly effort dome per meter. It has been suggested to replace the sill linear tubes by a sill in an arc, using frame angles, rebar latticework and filling with conventional aluminous refractory concrete. Have changed the foothills as pillars for continuous buttresses. We inserted two metal armadillos to increase oxygenation of the carbonization process. Most of the observed variables in the carbonization process was very similar to that observed when using traditional ovens. However, it was observed an increase of 40% in volume charging, which enabled a monthly gain of 34% in volume of charcoal produced. With the mechanization of the unloading of the oven there was 44% reduction in manpower, staff from 46 to 26. Reducing the number of units required for 5.000 m³ coal / month, there was a 20% gain in investment assemblies UPCs, decreasing from 96 to 48 units kilns.

Keywords: Charcoal. Kilns Prototype. Structural Change. Inverted column. Sill.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BH	Belo Horizonte
CM	Centímetro
CM²	Centímetro Quadrado
DF	Distrito Federal
DIN	Deutsche Institut für Normung
FAO	Food and Agriculture Organization
H/h	Horas Homem
Ha	Hectare
Kg	Quilograma
KM	Quilometro
LTDA	Limitada
M	Metro
M²	Metro Quadrado
M³	Metro Cúbico
MDC	Metro de Carvão
MG	Minas Gerais
MM	Milímetro
MT	Ministério do Trabalho
NR	Norma Regulamentadora
P.	Página
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produtos
ST	Estéreo
UC	Unidade de Carbonização
UN	Unidade
UPC	Unidade de Produção de Carvão

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Quadro de demonstração	28
Figura 2 Contraforte contínuo.....	30
Figura 3 Inversão das colunas.....	30
Figura 4 Vão livre da porta	31
Figura 5 Soleira.....	31
Figura 6 Tatu metálico.....	32
Figura 7 Tubo de medição de temperatura	32
Figura 8 Apoio de chapa.....	33
Figura 9 Claraboia	33
Figura 10 Apoio de copa.....	34
Figura 11 Escavação	35
Figura 12 Nivelamento	35
Figura 13 Construção da camisa cilíndrica.....	36
Figura 14 Colocação da soleira.....	36
Figura 15 Colocação de cinta.....	37
Figura 16 Enchimento vertical da camisa	38
Figura 17 Enchimento horizontal da copa	38
Figura 18 Descarga mecanizada	39
Figura 19 Carregamento semi mecanizado.....	40
Figura 20 Carvão vegetal – Fornada forno protótipo.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Mapa Comparativo da Produção de Carvão Para Cada Tipo de Forno Avaliado.	41
Tabela 2 Quadro de Custos para a Construção do Forno Protótipo.....	43
Tabela 3 Comparativo do custo de produção.....	44
Tabela 4 Comparativo dos custos de implantação de UC.....	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS.....	12
2.1	Geral.....	12
2.2	Específicos.....	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1	Madeira.....	13
3.2	Carvão Vegetal.....	14
3.3	Produção de Carvão Vegetal.....	15
3.4	Tipos de Fornos.....	18
3.4.1	Processos com Fonte Interna de Calor.....	18
3.4.2	Processos com Fonte Externa de Calor.....	19
3.4.3	Considerações Sobre os Tipos de Fornos.....	20
3.5	Aspectos de Responsabilidade Socioambiental	20
4	MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1	Dados Técnicos.....	25
4.2	Pesquisas.....	26
4.3	Escopos da Operação Experimental	27
4.4	Formas de Análises dos Resultados.....	27
4.5	Cronograma de Atividades	27
4.6	Execução	28
4.6.1	1ª Etapa - Geração do Conceito	28
4.6.2	2ª Etapa - Projeto Preliminar	29
4.6.3	3ª Etapa - Projeto Detalhado e Protótipo.....	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
5.1	Resultados com Relação à Estrutura Física do Forno.....	39
5.2	Resultados com Relação à Operacionalidade.....	41
5.3	Resultados com Relação aos Custos Envolvidos	43
6	CONCLUSÕES.....	46
7	RECOMENDAÇÕES	46
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
	REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novos produtos é um processo essencial à competitividade das organizações e a gerência desse processo influencia no sucesso do novo produto na empresa. Desenvolver novos produtos, modelos e ações que atendam as exigências das empresas, ou que por sua vez as antecipem, constituem um ponto fundamental para a longevidade das organizações (ROZENFELD, 2000).

É surpreendente como os métodos tradicionais de fabricação de carvão vegetal pouco evoluíram. Um estudo realizado pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) ilustra bem essa estagnação, ao relatar que “os únicos fatores novos são a racionalização de metodologias simples e o estudo realizado pelos cientistas dos processos básicos que ocorreram durante a carbonização e a constatação dos princípios quantitativos e qualitativos que regem o processo” (FAO, 1985 p. 3).

Este trabalho apresenta o processo de desenvolvimento de um modelo inovador para forno de superfície de alvenaria cilíndrico, baseado na realidade da Empresa Ligas de Alumínio S.A. e em conceitos aprendidos, visualizados e aplicados no mercado através de diversas ferramentas de análises.

O trabalho está estruturado seguindo as etapas propostas, aceitas pelo gerente do departamento florestal, com o intuito de realizar um projeto inicialmente de baixa complexidade tecnológica, a saber: geração do conceito, projeto preliminar, projeto detalhado e protótipo, definição de custos e do processo de produção e por fim, construção do forno.

Para desenvolver o projeto, primeiramente foram feitas visitas, observações e reuniões em diversas empresas. Em seguida, selecionaram-se as ideias mais viáveis, definindo-se os principais problemas/oportunidades que o modelo de forno idealizado poderia resolver. Logo, definiram-se as características do modelo do forno e avaliaram-se os custos e os possíveis

resultados do projeto. Por fim, avaliou-se a possibilidade de transformar esta ideia em uma nova unidade de carbonização.

O problema estudado neste projeto foi a mudança na estrutura de um modelo de forno de alvenaria de superfície cilíndrico para produção de bio redutor com possibilidade de descarga mecanizada.

A delimitação cronológica de estudo abrange o período compreendido entre janeiro/2010 e junho/2011 e restringiu-se ao modelo de forno de superfície de alvenaria cilíndrico.

As hipóteses levantadas são embasadas nas experiências do proponente do projeto e de profissionais ligados a áreas produção de carvão vegetal de diversas empresas. A principal justificativa para este trabalho é o crescimento ascendente da carência de mão-de-obra para atividades de produção de carvão vegetal e os impactos socioambientais causados por essa atividade.

2 OBJETIVOS

Este trabalho teve os objetivos listados a seguir.

2.1 Geral

Objetivou-se a construção, o teste e a avaliação de um forno protótipo com descarga mecanizada, como alternativa para a carbonização de madeira.

2.2 Específicos

- Testar os materiais utilizados e a forma de condução da carbonização;
- Avaliar o comportamento dos materiais e da carbonização;

- Realizar ajustes na condução da carbonização e substituir materiais com comportamentos que gerem riscos à integridade física dos colaboradores envolvidos;
- Alinhar os riscos socioambientais e seus impactos na empresa;
- Observar e analisar os custos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Madeira

A lenha é o terceiro material energético primário consumido no Brasil, com um consumo médio, nos últimos 26 anos, de 9,78 x 10⁷ toneladas/ano (VALE et al., 2000).

Segundo Bem (1996), citado por VALE et al. (2000), no ano de 1995, de um consumo de 7,65 x 10⁷ toneladas, 45,05 % foram utilizados, de forma indireta, prioritariamente para a produção de carvão vegetal, sendo que os outros 54,95 % foram queimados diretamente em fogões e fornalhas.

Segundo Malan (1995) citado por TRUGILHO *et al.*, (2005), é um material que apresenta grande variação tanto no sentido longitudinal, como no transversal radial e tangencial. A variação no sentido radial é a mais perceptível e importante do ponto de vista da utilização da madeira, a extensão dessa variação é determinada, pela presença da madeira juvenil, pela sua proporção relativa no tronco e pelas suas características físico-químicas e anatômicas. A variabilidade nas propriedades da madeira exerce papel decisivo sobre a sua melhor forma de utilização.

Segundo BURGER e RICHTER (1991), madeiras de alta massa específica queimam melhor, uma vez que apresenta maior quantidade de matéria lenhosa por volume. A combustibilidade e o poder calorífico são altamente influenciados pelo teor de lignina e pela presença de materiais extrativos inflamáveis como óleos, resinas, ceras, que aumentam

consideravelmente esta combustibilidade e o poder calorífico, afetando a forma de como queima a madeira.

A utilização da madeira para produção de energia, apesar de não ser restritiva, depende de algumas características internas da madeira como, por exemplo, o teor de lignina e a densidade básica (TRUGILHO, 1995).

A densidade é um dos principais índices de qualidade da madeira, pois guarda relações com outras propriedades físicas e com as propriedades mecânicas (CUNHA *et al.*, 1989).

A carbonização da lignina é o que mais interessa para a qualidade e produtividade do carvão e este composto é o principal responsável pela formação deste insumo energético, pois os outros praticamente se degradam totalmente na temperatura de carbonização, ao contrário da lignina. A celulose e hemicelulose carbonizam a 300 °C, em temperaturas superiores o rendimento diminui, sendo que em temperaturas de 500 a 600 °C, o rendimento é praticamente nulo (FERREIRA, 1983).

3.2 Carvão Vegetal

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de carvão vegetal, devido ao desenvolvimento da indústria siderúrgica (DELEPINASSE, 2002). O início da siderurgia brasileira a carvão vegetal ocorreu em meados do século XX, desenvolvida na região Sudeste (PAULA, 2004). O Estado de Minas Gerais é o maior produtor e consumidor de carvão vegetal, consumindo, em média, cerca de 18 milhões de metros cúbicos deste insumo (ABRACAVE, 2002).

O carvão vegetal sempre foi visto como uma matéria-prima de segunda categoria, de baixo custo, obtido por atividades secundárias de desmatamento de florestas naturais.

Com a escassez destas florestas e a baixa disponibilidade das fontes energéticas convencionais (petróleo e carvão mineral), o carvão

vegetal passou a ter um papel principal como fonte de energia (OLIVEIRA *et al.*, 1982).

MEIRA (2002) define carvão vegetal como um resíduo sólido que se obtém da carbonização da madeira, em que a mesma é queimada ou aquecida numa atmosfera restrita de ar, em que vai sendo expulsa a água, os compostos voláteis, uma fração de compostos orgânicos condensáveis à temperatura ambiente, e outros, sem que ocorra a combustão total, devido a pouca quantidade de oxigênio.

3.3 Produção de Carvão Vegetal

A carbonização da madeira é caracterizada pela decomposição térmica parcial da mesma em ambientes fechados, na ausência ou na presença de quantidades controladas de oxigênio, envolvendo uma série de transformações físicas e químicas extremamente complexas (CARVALHO, 1997).

WENZL (1970), citado por CARVALHO (1997), diz que o processo de carbonização consiste em concentrar carbono e retirar oxigênio da madeira, sendo totalmente dependente da temperatura, pois maiores temperaturas resultam em maiores concentrações de carbono no resíduo. Contudo perde-se carbono junto com gases durante a retirada do oxigênio, o que resulta em um baixo rendimento em carbono.

O comportamento da madeira durante a carbonização é o resultado do somatório dos comportamentos dos seus constituintes químicos, nas várias fases de aquecimento (CARVALHO, 1997). WENZL (1970), citado por CARVALHO (1997), diz que tais fases se caracterizam por regiões bastante distintas em grau de decomposição térmica.

A primeira fase, denominada fase A, se inicia quando a temperatura do ambiente atinge valores em torno de 150 °C sendo detectada na fumaça a presença de ácido acético, ácido fórmico, glioxial e gases efluentes constituídos de vapor d'água e traços de CO₂. Esta fase é curta e se

caracteriza basicamente pela secagem da madeira uma vez que a temperatura no interior das peças ainda é baixa.

Na fase B, observada entre 200 °C e 280 °C, são gerados gases semelhantes aos da fase A, no entanto, há uma moderação na quantidade de vapor d'água e liberação de monóxido de carbono. Ocorre a quebra das hemiceluloses, a despolimerização da celulose nas regiões amorfas e a ruptura da lignina em blocos complexos. Até esta fase as reações são de natureza endotérmica.

Quando a temperatura ultrapassa os 280 °C inicia-se a fase C, ocorrendo a pirólise propriamente dita. As reações nesta fase são exotérmicas, quando a decomposição térmica da madeira pode se manter apenas com a energia liberada pela quebra das ligações das unidades básicas de celulose, hemiceluloses e lignina. Nesta fase são gerados monóxidos de carbono, metano, formaldeído, ácido fórmico, ácido acético, metanol, hidrogênio e alcatrões.

Ao ser atingida a temperatura de 450 °C inicia-se a fase D, quando não há mais madeira, apenas carvão. Nesta fase, os efluentes são altamente inflamáveis, com a capacidade de manterem a combustão.

A velocidade do processo de carbonização exerce grande influência nos rendimentos e na qualidade dos produtos obtidos (BROWNE 1958; WENZL, 1970; MENDES et al., 1982 e OLIVEIRA et al., 1982). VELLA et al. (1989), analisando a madeira de *Eucalyptus tereticornis* de um povoamento de nove anos de idade, constataram que aumentos na velocidade de carbonização acarretam reduções na densidade aparente do carvão, no rendimento em carvão, no teor de matérias voláteis e aumento no teor de cinza.

Aumentos na temperatura final de carbonização proporcionam aumentos no teor de carbono e reduções no rendimento em carvão e no teor de matérias voláteis. O poder calorífico do carvão equivale ao do carbono. No entanto, o carvão que possua um alto teor de matérias voláteis pode

apresentar um poder calorífico mais elevado, desde que os compostos voláteis sejam ricos em hidrogênio (OLIVEIRA, 1982).

A qualidade do carvão vegetal está vinculada às características físicas e químicas da lenha carbonizada. COLLET (1955), BRITO & BARRICHELO (1978) e MARTINS (1980) verificaram que a madeira que apresenta elevado teor de lignina, provavelmente, dará origem a um carvão com elevado teor de carbono. ANDRADE (1989) menciona que os componentes minerais encontrados na madeira e, em maior concentração, na casca, são repassados para o carvão.

Quando o carvão vegetal se destina à produção de alguns tipos de ferros-liga ou de carbureto de cálcio, a presença de alguns componentes minerais é indesejável. O fósforo presente no carvão pode se incorporar às ligas metálicas tornando-as quebradiças, menos maleáveis e com campos favoráveis à propagação de trincas e fissuras. Neste caso, especificamente, a casca tem sido referenciada como uma translocadora de minerais para o carvão vegetal.

Para entender como o fogo queima, é necessário compreender o fenômeno da combustão. Fogo de um modo geral é o termo aplicado ao fenômeno físico resultante da combinação entre oxigênio e uma substância combustível (madeira, por exemplo), com produção de calor, luz, e geralmente, chamas. Fogo ou combustão, portanto, é uma reação química de oxidação. A decomposição da madeira se dá lentamente, à temperatura ambiente, a taxa de liberação de energia é tão lenta que o aumento de temperatura não é necessário. No entanto, há ocasiões que uma reação de oxidação lenta pode terminar num processo de combustão de alta temperatura (ABEAS, 2003).

Segundo NETTO (1980), quando se fala em carvão vegetal deve-se considerar suas propriedades e, conseqüentemente, a necessidade de controle da qualidade do produto. Os fatores que influenciam na qualidade do carvão vegetal são a espécie da madeira, dimensão das madeiras e método de carbonização.

Para GOMES e OLIVEIRA (1982) citado por VALE *et al.*, (2001), a espécie da madeira é muito importante porque a densidade do carvão está relacionada com a densidade da madeira que lhe deu origem, ou seja, quanto maior a densidade da madeira, maior será a densidade do carvão produzido. Quanto à dimensão da madeira, pedaços pequenos produzem carvão mais duro e mais denso que a madeira em grandes pedaços, por que tem menos tendência a estourar durante a carbonização e as fendas produzidas pela contração são menos numerosas. O método de carbonização influencia o tamanho do carvão produzido, isto é, a carbonização lenta quebra menos o carvão que os métodos rápidos, o que é um fato a favor dos fornos de tijolos.

A resistência mecânica do carvão vegetal é outra característica de suma importância e está relacionada à friabilidade do carvão. O carvão vegetal é por natureza um produto bastante friável, característica que é agravada pelas numerosas operações de manuseio e transporte. Carvões menos resistentes irão mais facilmente degradar-se, resultando na diminuição do seu tamanho médio, o que não é desejável. De acordo com OLIVEIRA (1977), a geração do pó do carvão desde a fabricação até sua utilização é da ordem de 25%, distribuídos da seguinte forma: nas carvoarias (3,7%), carregamento e transporte (5,8%), armazenamento (6,3%) e peneiramento (9,4%).

3.4 Tipos de Fornos

Segundo BRITO (1990), existem dois tipos de sistemas de produção de carvão vegetal: sistemas com fonte interna de calor ou por combustão parcial e sistemas com fonte externa de calor.

3.4.1 Processos com Fonte Interna de Calor

O princípio básico é a colocação da lenha da madeira no interior do forno, geralmente construído com tijolos. Esses tipos de fornos variam na forma, tamanho, número de baianas e “tatus”. Os tijolos são assentados através de barro preparado com uma mistura de terra argilosa e arenosa.

O acendimento do forno é feito colocando-se pedaços de lenha na “baiana” que se localiza na parte superior. No início da combustão, a fumaça que sai pela baiana superior é de cor esbranquiçada; ao tornar-se escura, significa que o forno está aceso, então a baiana é fechada. A fumaça começará a sair pelas outras baianas; quando se tornar azulada significa que a carbonização atingiu aquela fileira de baiana, portanto essa fileira deverá ser fechada.

O mesmo procedimento será repetido quando a carbonização atingir a região dos tatus; depois de fechados todos os tatus o forno deve ser barrelado para impedir a entrada de ar durante o período de resfriamento.

3.4.2 Processos com Fonte Externa de Calor

O calor é fornecido a partir de uma câmara externa. Toda a madeira é convertida em carvão vegetal, o que resulta num maior rendimento do processo. Nesse tipo de forno, o calor é provocado através de gases quentes gerados na fornalha, obtidos da queima de madeira ou resíduos florestais não aproveitáveis para transformação em carvão vegetal. Em princípio, a câmara deve ser mantida acesa durante toda a fase de carbonização, que é conduzida mediante o controle da combustão na câmara, não havendo necessidade de baianas no corpo do forno para a entrada de ar.

O controle da chama na câmara é feito para não permitir a entrada de oxigênio no interior do forno. A fumaça é expelida pela chaminé, quando a mesma tornar-se pouco densa e de coloração azulada, é indicativo de que a carbonização atingiu o fundo do forno.

Dentre os tipos de fornos para a fabricação do carvão com fonte de calor interna, os mais conhecidos são: forno de chaminé, forno de rabo

quente, forno de superfície. E para fabricação de carvão com fonte externa de calor, forno de superfície com câmara externa.

3.4.3 Considerações Sobre os Tipos de Fornos

Existe um forno que pode ser recomendado para cada situação específica, não sendo possível uma indicação geral para a escolha do melhor forno. Assim, o tipo de forno a ser construído depende de fatores que dizem respeito ao volume de madeira a ser carbonizada, tipo de mão-de-obra disponível e condições reais do empreendimento (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS, 1982).

GUIMARÃES e JARDIM, (1982) estudaram aspectos econômicos de produção de carvão vegetal, quanto ao transporte, manuseio e estocagem e observaram que existem características bastante distintas na medida em que se considera a fonte produtora de lenha, o tipo de forno utilizado, o volume de produção, o tipo de estocagem, a maneira de embalagem e transporte. A mecanização durante os processos de armazenagem e transporte confere em aumento de produção de resíduos do carvão.

O carvão transportado a granel é mais facilmente transformado em pó que o carvão transportado em sacos. O carvão vegetal sendo um combustível sólido de baixa densidade e elevada friabilidade, gera grande quantidade de resíduos na produção, durante o transporte e na estocagem.

3.5 Aspectos de Responsabilidade Socioambiental

As diversas matérias sobre responsabilidade socioambiental em empresas revela que há muitas definições, por vezes conflitantes. Em primeiro lugar é preciso esclarecer que responsabilidade socioambiental não é fazer aquilo que está previsto na lei (PAVA, 1996).

Há na literatura quatro posições básicas que buscam explicar as diferentes formas com que as empresas podem se inserir de forma responsável, tanto do ponto de vista social quanto ambiental. São elas: a) os impactos da questão da sustentabilidade e da variável socioambiental como um novo condicionante interno no processo decisório empresarial; b) a questão dos riscos socioambientais; c) a questão dos auto interesses das organizações e dos benefícios trazidos; d) a questão da força da sociedade civil e das instituições no cumprimento das regras democráticas, para não se obter vantagens indevidas ou especiais.

Um primeiro grupo de autores sustenta que a questão do desenvolvimento sustentável como um processo capaz de gerar riqueza e bem estar, ao mesmo tempo em que promove a coesão social e impede a destruição do meio ambiente, vem assumindo crescente importância no meio empresarial. Premidas pelas exigências do atual cenário econômico, as empresas identificaram a relevância da necessidade de dispensar mais atenção às questões socioambientais. O advento da globalização e a abertura dos mercados acarretam o acirramento entre essas organizações, fazendo com que elas busquem produzir em maior quantidade e maior qualidade. Em alguns casos as empresas passaram a sofrer pressão por parte da sociedade, uma vez que suas atuações têm provocado impactos, não só no meio ambiente, mas também no âmbito social (SANTANA, 2008).

Assim, como mostra ALMEIDA (2002), a variável socioambiental passou a representar um novo condicionante interno ao processo decisório empresarial e não mais um fator exógeno e antagônico. E a preocupação central das empresas, portanto, teve que ir além da produção e geração de dividendos. Isso significou um maior envolvimento com as questões que proporcionam o bem estar de seus colaboradores, associado à preocupação com a comunidade da qual fazem parte. Segundo esse autor, no mundo sustentável, “uma atividade – a econômica, por exemplo – não pode ser pensada ou praticada em separado, porque tudo está inter-relacionado, em permanente diálogo” ALMEIDA (2002, p. 55). Dentre as transformações

da economia mundial, cuja globalização alterou profundamente as características da demanda, o desempenho socioambiental passou a integrar as exigências de qualidade nos bens e serviços.

Os autores ALIGLERI e KRUGLIANSKAS (2009), ressaltando a importância das questões socioambientais, mostram que atrelar à marca uma imagem ética e socialmente responsável torna-se fator estratégico de competitividade moderna. Esse novo olhar implica a redefinição das atividades, redesenho de processos e reavaliação dos resultados pelos gerentes de diferentes áreas organizacionais, com o intuito de proporcionar legitimidade, crescimento e sustentabilidade à corporação.

Um segundo grupo de autores enfatiza em seus estudos a questão do risco socioambiental e seus impactos nas organizações como variáveis fundamentais para explicar a incorporação de ações de natureza socioambientais. Para ULRICH BECK (2002), a produção social da riqueza é indiscutivelmente acompanhada por uma produção social de riscos e, que tais riscos, relativos aos impactos ambientais, não se referem somente à população atual, mas irão impactar, de forma ainda mais dramática, as gerações futuras. No entanto há grandes dificuldades para incorporar ações de natureza sócio ambiental em razão do custo dessas ações.

Em função desse novo conceito de contabilização de riscos sociais e ambientais, DEMAJOROVIC (2003) aponta a incidência cada vez maior de empresas que buscam contabilizar seus riscos para diminuir o grau de incertezas. Ocorre que tal contabilização não mais se limita aos riscos financeiros, mas transcende para o âmbito dos riscos sociais.

Todavia é importante destacar, assim como IANNI (1999), que os riscos e impactos ambientais são de responsabilidade da sociedade global como um todo, principalmente pelo fato de que as práticas que devastam o meio ambiente não causam impactos meramente locais, mais adquirem proporções globais. DEMAJOROVIC (2003) salienta tal discussão, quando aborda que o processo de globalização não reduz apenas as fronteiras econômicas e comerciais, mas também as fronteiras ambientais que se

tornaram mais próximas, como demonstram os casos de acidificação na Escandinávia e os das florestas no Canadá, decorrentes da poluição gerada em locais geograficamente distantes.

Um terceiro grupo de estudos e argumentos deve ser destacado, para os quais o conceito de responsabilidade socioambiental se apresenta na sociedade como algo novo e que deve ser analisado de forma crítica. Questionam-se as dificuldades na implantação de ações de natureza socioambientais em razão do auto interesse das organizações e do papel que as instituições e sociedade civil devem desempenhar para as empresas. O que fortalece essa posição decorre do fato de que os resultados dos estudos empíricos sobre o retorno do “investimento não são suficientemente robustos para prover argumentos que se contraponham a visão produtivista de que uma empresa socialmente responsável é aquela que usa todos os meios (obviamente lícitos, legais, morais, etc.) para ser a mais produtiva possível”. CHEIBUBU e LOCKE (2009)

Os autores CHEIBUBU e LOCKE (2009) destacam as questões éticas e legais como explicativas das dificuldades com as questões socioambientais. Mostram que, se não pode ser claramente demonstrado que é do interesse imediato das empresas assumirem responsabilidades socioambientais, o que dizer do argumento de que elas estão moral e politicamente obrigadas a isso, pois se beneficiam de uma permissão para explorar recursos que são, em última instância, sociais?

Para que se compreenda a questão dos conflitos entre valores e interesses, tal como propostos por CHEIBUBU e LOCKE (2009) é necessário observar o reverso. Uma sociedade civil fraca, onde os conflitos podem escalar facilmente para batalhas de soma-zero, onde a ação coletiva é escassa e, quando têm lugar, produzida a custos altíssimos, não é boa para as empresas ou quaisquer outros atores envolvidos. Pode-se então, caracterizar como um auto interesse principalmente das empresas em investir em questões socioambientais.

A responsabilidade socioambiental das empresas manifesta-se, de forma mais consequente e com implicações mais sistemáticas, em ações que sejam do interesse direto das empresas e direcionadas para transformações sociais, políticas e econômicas que afetem sua capacidade de ser uma unidade produtiva eficiente.

Nas diligências realizadas em várias empresas e produtores independentes, para composição deste trabalho, foi verificado que os maiores impactos ambientais advindos da atividade estão relacionados à poluição do ar e disposição inadequada dos fornos de produção de carvão vegetal.

O trabalho indicou a necessidade de ações no sentido da melhoria e fortalecimento das atividades ligadas à cadeia produtiva de carvão vegetal, a necessidade da integração das políticas sociais e intervenção técnica visando transformar a atual situação social, e laboral relacionada à produção artesanal de carvão, considerada ainda precária.

Ao final, chega-se à inferência de que a conscientização da sociedade em direção ao desenvolvimento sustentável deve proporcionar necessariamente o acesso a uma formação educacional que compreende o homem enquanto ser social e sujeito do processo de formação (educacional e técnica).

O uso dos recursos combinando atividades econômicas e a conservação ambiental é uma forma ideal para garantir o desenvolvimento sustentado de uma determinada região. Mas, essa harmonização de atividades antrópicas com a proteção ambiental só é conseguida mediante um conjunto de conhecimentos e práticas educativas desenvolvidas com a comunidade local.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Dados Técnicos

➤ A montagem do experimento foi feita na Fazenda Santo Antônio, localizada na BR 040, km 206, no sentido de Belo Horizonte (MG) a Brasília (DF), no município de João Pinheiro, na região noroeste do estado de Minas Gerais. A fazenda é de propriedade da Empresa Santos e Dias LTDA.

➤ A espécie de madeira utilizada no experimento foi o *Eucalyptus sp.*, clone GG 100, localizada no talhão 17 do Projeto S.A. 04/89, com idade de sete anos. Os toretes foram seccionados, com a utilização de motosserras, com 2,20 m e tiveram secagem de 120 dias em condições de campo, sem empilhamento. O maciço florestal é de primeira rotação e tem diâmetro médio no DAP (diâmetro à altura do peito) de 14,54 cm.

➤ O forno protótipo construído é do tipo superfície cilíndrico, de alvenaria com tijolo maciço. Possui 6,00 m de diâmetro, camisa cilíndrica com altura de 2,40 m e volume aproximado 46 m³. Apresenta porta com dimensão de 2,20 m x 2,80 m, contraforte na camisa cilíndrica com espessura uniforme de 0,30 m no corpo cilíndrico do forno até 1,10 m de altura, com uma claraboia medindo 0,90 m x 0,60 m na parte posterior do lado esquerdo e contraforte de 0,20 m x 0,30 m nas laterais e 1,30 m x 0,30 m na parte superior até o final da camisa cilíndrica. Possui ainda uma chaminé de alvenaria com dimensões de 0,40 m x 0,50m no duto interno, com 3,00 m de altura, soleira em arco composta de armação metálica cantoneira 3' x 1' / 1/4' com treliça de vergalhão 12 mm de aço e 4.20 mm, amarrada com arame recozido e preenchida com concreto refratário convencional aluminoso de granulometria fina 70 LC.

➤ O forno foi construído com 20 mil unidades de tijolos maciços de 20 cm x 10 cm x 5 cm. Para a confecção da porta, foram utilizadas 70 unidades de tijolos furados medindo 19 cm x 9 cm x 30 cm

cada. Para controle de oxigenação dos fornos foram utilizados quatro tatus metálicos. Foram instalados cinco tubos para medições de temperatura via infravermelho.

➤ Foi observado visualmente o comportamento de todos os materiais utilizados na construção do forno protótipo, a saber: tijolos de alvenaria maciço utilizados no corpo cilíndrico do forno, copa e colunas com faces verticais desencontradas; concreto refratário convencional aluminoso de granulometria fina utilizado no preenchimento da soleira metálica; cantoneiras de aço de 3'1/4 utilizadas na armação metálica da soleira; demais peças como tatu metálico, tubo de medição infra e tampa metálica de chaminé.

➤ A descarga foi mecanizada, utilizando-se pás carregadeiras. O forno protótipo esteve sujeito à atuação dos esforços da copa, principalmente no vão livre da área da porta, onde foram distribuídos estes esforços sobre a soleira metálico/refratária.

➤ A soleira metálico-refratária esteve sujeita ao seu próprio peso e aos esforços da copa. Estas forças estiveram concentradas em sua superfície superior e também esteve sujeita às variações de temperatura, sendo considerados os efeitos dos fenômenos de retração e de fluência para o caso da ferragem e do concreto refratário.

➤ Todas as observações foram visuais, pois, no modelo de acompanhamento de campo da Empresa, para uma perfeita condição de campo, seriam completamente atípicas medições mais complexas e altamente técnicas.

4.2 Pesquisas

Basearam-se em pesquisas bibliográficas, *sites* da internet, visitas técnicas, mesas redondas e capital intelectual das pessoas envolvidas, com a finalidade de levantar e canalizar as ações e informações.

4.3 Escopos da Operação Experimental

Foram desenvolvidas atividades normais para a produção de carvão vegetal, tais como carregamento dos fornos com madeira na posição vertical na área da camisa cilíndrica e madeira na posição horizontal na área da copa; construção da porta do forno com tijolos furados; barreamentos e controle de carbonização.

4.4 Formas de Análises dos Resultados

Em relação à análise dos resultados dos monitoramentos do forno protótipo, é preciso levar em conta que as observações foram visuais, para permitirem de forma rápida e na condição de campo, que as alterações no comportamento estrutural fossem rapidamente detectadas. Desta forma, somente quando foram associadas às várias observações nas diversas fornadas de testes é que se possibilitou obter e compreender o real desempenho estrutural do forno. Para isso, foram indispensáveis as observações rotineiras.

4.5 Cronograma de Atividades

O desenvolvimento do projeto do forno protótipo somente foi possível considerando o capital intelectual do corpo técnico envolvido e o foco no plano de ação norteado pelo seu idealizador.

Em função do exposto, teve início a execução deste projeto com o arranjo das ideias em janeiro de 2010 com o objetivo de atingir sua finalização em maio/junho 2011, com a construção e operação do forno protótipo.

ATIVIDADES	ANO/MÊS												ANO/MÊS					
	2.010												2.011					
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun
Geração de idéias																		
Análise de viabilidades																		
Especificação de oportunidade																		
Benchmarking/brainstorm																		
Projeto Preliminar																		
Desenho do arranjo do conjunto																		
Projeto detalhado e criação do protótipo																		
Definição do custo e processo de produção do forno																		
Transformando idéias em U.Cs.																		

Figura 1 Quadro de demonstração

4.6 Execução

Este trabalho foi executado seguindo três etapas, conforme segue abaixo.

4.6.1 1ª Etapa - Geração do Conceito

Esta etapa teve como objetivo desenvolver um modelo de forno inovador, que fosse economicamente viável. O ponto forte nesta etapa foi o arranjo das ideias baseado no conjunto das discussões realizadas em diversas empresas.

➤ Geração de Ideias

Canalização dos resultados desenvolvidos nas diligências, caráter inovação, utilidade e materiais, desenho, processo produtivo, fornecedores, preço, quantidade.

➤ Análise de Viabilidade

Principal caráter inovação do modelo de forno, viabilidade técnico-econômica, nível de complexidade, perfil da equipe necessária para o desenvolvimento do modelo, processo de negócio, estimativa de investimentos.

➤ Especificação de Oportunidades

Redução de impactos ambientais, melhoria na condição laboral, benefícios, aspectos críticos.

4.6.2 2ª Etapa - Projeto Preliminar

Nesta etapa, foi realizado o esboço do protótipo, detalhando as mudanças básicas a serem feitas e verificando a aplicação do modelo no layout de UC com possibilidade de instalação do sistema de queimadores de fumaça.

- **Memorial do projeto preliminar**

Apresentação da solução definitiva contendo: definição do modelo/forma, material a ser utilizado e dimensionamento.

- **Desenho do arranjo do conjunto**

Descrição do desenho (planta baixa), relação de material, avaliação ergonômica.

4.6.3 3ª Etapa - Projeto Detalhado e Protótipo

Nesta etapa, foi definido o desenho definitivo do protótipo do forno a fim de visualizar possíveis falhas e ajustes, podendo assim ter uma visão mais crítica a respeito do modelo definido. Esta etapa foi determinante, pois o modelo definido representou algo mais concreto, permitindo a possibilidade de analisar se o que foi planejado era exequível do ponto de vista da engenharia civil, engenharia de materiais e engenharia mecânica.

- **Descrição Detalhada do Modelo, Especificação do Processo de Construção do Protótipo (escopo) e Materiais.**

- 1º. Construção de contrafortes contínuos, objetivando a distribuição homogênea dos esforços durante a descarga mecanizada, aumentando em 0,10 m a espessura da camisa cilíndrica até 1,1m de altura;



Figura 2 Contraforte contínuo

➤ 2°. Inversão das colunas da porta do forno em suas faces verticais, aumentando o ângulo de penetração objetivando maior mobilidade para o modal de descarga mecanizada do carvão;



Figura 3 Inversão das colunas

➤ 3°. Aumento da área livre da porta para as dimensões de 2,20 m x 2,80 m totalizando 6,16 m² de vão aberto;



Figura 4 Vão livre da porta

➤ 4°. Desenvolvimento e construção da soleira de sustentação da copa do forno no vão livre da porta, utilizando armação metálica com cantoneira de aço de 3' x 1'1/4', com treliça armada com vergalhão de aço de 12 mm e preenchida com concreto refratário convencional aluminoso de granulometria fina 70 LC, possibilitando com isto a construção da soleira em forma de arco cilíndrico acompanhando o perímetro do alinhamento da camisa cilíndrica;



Figura 5 Soleira

- 5°. Aumento no diâmetro do forno para 6,00 m e nivelamento da base;
- 6°. Acréscimo dois tatus metálicos;



Figura 6 Tatu metálico

- 7°. Colocação de 5 pontos com tubos mecânicos de 75 mm x 350 mm, em aço carbono DIN 2440 para medição infra vermelha;



Figura 7 Tubo de medição de temperatura

➤ 8°. Colocação de apoio de chapa dobrada em perfil U com comprimento de 2,20 m para divisão da área da porta do forno, apoiada no solo e no encaixe desenvolvido na soleira;



Figura 8 Apoio de chapa

➤ 9°. Construção de uma claraboia na parte posterior do forno, com forma retangular medindo 0,90 m x 0,60 m, com contrafortes laterais de 0,20 m e superior de 1,30 m até altura da camisa cilíndrica, com objetivo de possibilitar a saída das partículas suspensas de carvão e aumentar a visibilidade do operador de carregadeira no interior do forno no ato da descarga de carvão;



Figura 9 Claraboia

➤ 10°. Desenvolvimento dos cálculos de engenharia civil para neutralização dos esforços concentrados na copa do forno para determinação das mudanças na soleira e no aumento do vão livre da área da porta, especificamente observando os esforços das componentes verticais e horizontais;

➤ 11°. Colocação de fileira de tijolos inclinada sobre a camisa cilíndrica do forno para recebimento dos esforços da copa de forma perpendicular;



Figura 10 Apoio de copa

➤ O processo de construção se deu em três fases:

- A primeira fase foi à marcação, escavação, nivelamento do fundo de cava, apiloamento e construção da base do forno;



Figura 11 Escavação

- A segunda fase foi o nivelamento da base e do piso do forno, a construção da camisa cilíndrica, a colocação de tatus e tubos de medição infra e a montagem, armação e enchimento da soleira;



Figura 12 Nivelamento



Figura 13 Construção da camisa cilíndrica

- A terceira fase foi à colocação da cinta metálica, a construção da copa do forno, o barreamento e a limpeza geral.



Figura 14 Colocação da soleira



Figura 15 Colocação de cinta

➤ Os materiais utilizados foram tijolos maciços de alvenaria, tijolos furados, chapa dobrada em perfil U, cantoneira de 3' x 1'/1/4, vergalhão de 12 mm, ferro 4.2 mm, arame recozido, tatu metálico, tubo de aço, chapa de aço e fina concreto refratário convencional aluminoso de granulometria 70 LC.

➤ Testes

Enchimento com madeira em toretes de 2,20 m com volume de camisa na posição vertical e volume de copa na posição horizontal; carbonização e resfriamento monitorados de forma usual, descarga totalmente mecanizada.



Figura 16 Enchimento vertical da camisa



Figura 17 Enchimento horizontal da copa



Figura 18 Descarga mecanizada

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Resultados com Relação à Estrutura Física do Forno

A colocação da fileira inclinada de tijolos sobre a camisa cilíndrica para receber de forma perpendicular o peso da copa, resultou em vantajosa decomposição de cargas, dando alívio para a estrutura cilíndrica. A componente horizontal foi facilmente contida pelo anel externo, tracionado, constituído por um vergalhão de aço de 16 mm. A tensão de tração é da ordem de 3.750 kg/cm^2 . O aumento de 0,10 m na espessura da camisa cilíndrica nos primeiros 1,10 m de altura, em substituição aos contrafortes na forma de pilares, mostrou-se positivo, pois distribuiu de forma homogênea os esforços ocorridos por ocasião das descargas, formando um contraforte contíguo.

Com o desencontro das faces da coluna vertical da porta, devido às suas inversões de ângulo, foi possível aumentar de forma segura a área livre da porta para $6,16 \text{ m}^2$ (2,20 m x 2,80 m), possibilitando a descarga mecanizada da totalidade do carvão vegetal no interior do forno, sem danos à estrutura, e ainda o aumento na caçamba de descarga, diminuindo, com isto, o período de descarga do forno.

O somatório de resultados positivos descritos anteriormente possibilitou o desenvolvimento de uma soleira metálica refratária, armada e preenchida com concreto refratário convencional aluminoso 70 LC, em forma de arco, que acompanhou o perímetro cilíndrico da camisa do forno, apoiada nas colunas verticais de faces desencontradas e que deu apoio para os esforços da copa, além de possibilitar o aumento na área da porta.

Com o aumento de 1,00 m no diâmetro do forno foi possível um ganho de volume de enformamento, com o trabalho de carregamento do forno facilitado pela soleira em arco e altura da porta.



Figura 19 Carregamento semi mecanizado

O aumento no número de tatus, com acréscimo de duas unidades, foi determinante para maior oxigenação do forno, facilitando sobremaneira a carbonização e a sondagem do forno.

A colação do apoio metálico em perfil U, com chapa dobrada para sustentação da porta do forno, mostrou-se útil no início, porém, foi descartado para modificação na posição de assentamento dos tijolos utilizados na construção da porta.

A construção da claraboia foi positiva para o aumento da visibilidade por parte do operador da pá carregadeira para descarga de carvão vegetal no interior do forno, na medida em que auxilia a regulação

da penetração da caçamba no interior do forno no ato da descarga e ainda para a exaustão de parte das partículas suspensas de carvão e terra inerentes a movimentação de descarga.

5.2 Resultados com Relação à Operacionalidade

Foram avaliados os resultados operacionais do forno protótipo e compararam-se tais resultados com os resultados apresentados por outros 2 modelos tradicionais de fornos para produção de carvão vegetal (JG 170 e FC 50). A Tabela 1 apresenta essa comparação.

Tabela 1 Mapa Comparativo da Produção de Carvão Para Cada Tipo de Forno Avaliado.

COMPARATIVO DA PRODUÇÃO DE CARVÃO EM UPC PARA 5000 MDC / MÊS				
DESCRIÇÃO		TIPO DE FORNO		
		JG 170 3,50	FC 50	PROTÓTIPO
MADEIRA ENFORNADA	M ³	10,00	40,00	60,00
	ST	16,00	60,00	75,00
CICLO FORNO	HORA / FORNADA	168,00	312,00	312,00
	FORNADA / MÊS	4,00	2,30	2,30
CARVÃO PRODUZIDO/M ³	FORNADA	7,50	33,33	50,00
	FORNO/MÊS	30,00	76,67	115,00
ÍNDICE DE CONVERSÃO M ³ /M ³		1,30	1,40	1,20
TIPO DE CARREGAMENTO FORNO		MANUAL	MANUAL	MISTO
TIPO DE DESCARREGAMENTO FORNO		MANUAL	MISTO	MECANIZADO
H / h CARREGAMENTO FORNO		3,50	1,50	1,80
H / h DESCARREGAMENTO FORNO		2,50	0,80	0,50
Porta	MONTAR H / h	0,80	1,00	1,20
	DESMONTAR H / h	0,40	0,50	0,60
CARREGAMENTO DE CARVÃO	DIRETO			
	MECANIZADO	NÃO	SIM	SIM
	INDIRETO			
		SIM	NÃO	NÃO
Nº FUNCIONÁRIOS PRODUÇÃO		70,00	46,00	28,00
Nº FUNCIONÁRIOS ADMINISTRATIVC		3,00	3,00	3,00

Observa-se que, com o aumento no diâmetro do forno em 1 m, houve um acréscimo de 50% do volume de enforamento em relação ao modelo de forno FC 50.

O tempo de carbonização e o número de fornadas por mês permaneceram iguais ao do modelo de forno FC 50.

O volume de carvão produzido foi 50% maior que o modelo FC 50, passando de 33,33 m³ de carvão para 50,00 m³ por fornada.

Houve um ganho no índice de conversão nas fornadas de teste em relação à média dos outros modelos utilizados na empresa em cerca 12%.

O carregamento do forno foi facilitado com a utilização de pá carregadeira com carregador florestal dando agilidade ao processo e acrescentando em 0,5 h o carregamento, entretanto o volume de madeira enfiado subiu de 40,00 para 60,00 m³.

Na descarga do forno houve uma evolução operacional com a inversão das colunas das portas do forno, possibilitando a descarga totalmente mecanizada, diminuindo os riscos de acidentes na atividade e mesmo com o volume de carvão maior em 50% (20,00 m³) nas fornadas houve a redução de 38% (18 min.) no tempo necessário para descarga quando comparado com o modelo FC 50.

Com o aumento no vão da porta não aumento significativo no tempo de montagem e desmontagem da porta do forno.

Houve a redução significativa no volume de mão de obra em 39%, reduzindo de 46 para 28 colaboradores envolvidos na produção, em relação ao modelo FC 50.

O tempo de resfriamento médio não foi afetado pelas mudanças realizadas no corpo do forno, soleira e diâmetro.

As observações visuais no carvão vegetal produzido nos testes apontam para uma ótima qualidade físico/química.



Figura 20 Carvão vegetal – Fornada forno protótipo

5.3 Resultados com Relação aos Custos Envolvidos

Foram avaliados os custos para construção do forno protótipo e analisada a viabilidade para construção em escala. Tais custos, bem como os custos de outros 2 modelos tradicionais de fornos para produção de carvão vegetal (JG 170 e FC 50), estão apresentados nas Tabela 2.

Tabela 2 Quadro de Custos para a Construção do Forno Protótipo

FORNO CIRCULAR DE 6 M DE Ø COM SOLEIRA METÁLICA/REFRATÁRIA E COLUNA VERTICAL DA PORTA INVERTIDA				
MATERIAL	UNIDADE	QUANT	VR. UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Mão de obra p/ construção de fornos	un	1	4.000,00	4.000,00
Aquisição de tijolos de 8 furos novos	milheiro	0,1	400,00	40,00
Aquisição de tijolos maciços novos	milheiro	20	160,00	3.200,00
Tatu Portinhola (Tomada de ar)	un.	4	112,00	448,00
Tampa da Chaminé chapa 3.175x700x700mm	un	1	66,50	66,50
Cinta Pronta + Fixadores Vergalhão 16 mm" x	un.	1	280,00	280,00
Soleira Cantoneira 3" x 1/4 + treliça vergalhão	un.	1	840,00	840,00
Tubo mecânico 75 mm x 350mm aço carbono	un.	5	60,00	300,00
Protetor de portinhola chapa 1.2x350x845mm	un.	5	28,00	140,00
Chapa dobrada Perfil U 1300 mm	un.	2	50,00	100,00
Chapa dobrada Perfil U 2200 mm	un.	1	87,00	87,00
Viga I	un.	2	280,00	560,00
Cimento Refratário 70 LC 09.0264	kg	700	2,78	1.946,00
Total				12.007,50

Conforme pode ser observado na Tabela 2, o custo total do forno protótipo foi de R\$12.007,60. Esse valor foi 12,30% menor em relação ao custo do forno modelo FC 50.

Já a Tabela 3, demonstra o comparativo dos custos de produção dos três fornos em questão. Observa-se que houve um aumento considerado no valor e percentual direcionado para a dimensão Benefícios. O percentual em relação ao preço do m³ de carvão produzido no modelo de forno Rabo Quente foi de 8,39 (R\$2,19/m³). Para o forno modelo FC 50 o percentual foi de 8,70 (R\$1,80/m³) e para o forno Protótipo o percentual foi de 2,44, representando R\$14,01 / m³ de carvão produzido.

Tabela 3 Comparativo do custo de produção

COMPARATIVO DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO									
DESCRIÇÃO	TIPO DE FORNO								
	JG 170 ≈ 3,50 m			FC 50 ≈ 5,00 m			PROTÓTIPO ≈ 6,00 m		
	Nº DE FUNCIONÁRIOS: 70			Nº DE FUNCIONÁRIOS: 46			Nº DE FUNCIONÁRIOS: 28		
	Nº DE FORNOS: 240			Nº DE FORNOS: 96			Nº DE FORNOS: 48		
	PRODUÇÃO MDC/MÊS		5.000,00	PRODUÇÃO MDC/MÊS		5.000,00	PRODUÇÃO MDC/MÊS		5.000,00
	R\$	R\$/M ³ CARVÃO	SHARE	R\$	R\$/M ³ CARVÃO	SHARE	R\$	R\$/M ³ CARVÃO	SHARE
Benefícios	10.930,00	2,19	8,39	8.979,00	1,80	8,70	12.200,00	2,44	14,01
Comunicação	30,00	0,01	0,02	30,00	0,01	0,03	35,00	0,01	0,04
Despesas Administrativas	1.928,00	0,39	1,48	1.580,00	0,32	1,53	1.630,00	0,33	1,87
Despesas Financeiras, Impostos, Taxas, Multas	8.004,00	1,60	6,14	6.890,00	1,38	6,68	5.590,00	1,12	6,42
Encargos	37.429,00	7,49	28,73	31.437,00	6,29	30,46	20.618,00	4,12	23,68
Infra estrutura e Manutenção	600,00	0,12	0,46	100,00	0,02	0,10	200,00	0,04	0,23
Investimentos	2.000,00	0,40	1,54	500,00	0,10	0,48	2.000,00	0,40	2,30
Salários e Adicionais	54.170,00	10,83	41,58	44.899,00	8,98	43,51	29.455,00	5,89	33,83
Serviços	12.827,00	2,57	9,85	7.000,00	1,40	6,78	13.298,00	2,66	15,27
Veículos	2.353,00	0,47	1,81	1.780,00	0,36	1,72	2.043,00	0,41	2,35
Total	130.271,00	26,05	100,00	103.195,00	20,64	100,00	87.069,00	17,41	100,00

Houve uma redução no custo dos encargos sociais de 28,73% para 23,68 %, passando de R\$7,49/m³ para R\$4,12/m³. Esta redução ocorreu com a diminuição significativa da mão de obra de 46 para 28 colaboradores.

Com a diminuição no número de funcionários, percebeu-se a redução no custo por metro cubico de carvão produzido no forno Protótipo, na folha de pagamento de salários e adicionais de 41,58 % (R\$10,83/m³) para 33,83% (R\$5,89/m³).

O custo de produção por m³ de carvão no forno Protótipo em relação ao modelo de forno Rabo Quente foi 33,16% menor, sendo reduzido

de R\$26,05/m³ para R\$17,41/m³. Em relação ao modelo forno FC 50 a redução foi de 15,64%, diminuindo o preço de R\$20,64/m³ para R\$17,41/m³.

Na Tabela 4 são mostrados os custos de implantação de UC para produção de 5,000/m³ de carvão vegetal por mês. Na limpeza de área houve a redução no valor do forno protótipo em relação ao forno modelo Rabo Quente de 56,12%, com a diminuição de R\$20.000,00 para R\$8.775,00.

Tabela 4 Comparativo dos custos de implantação de UC

COMPARATIVO DOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DE UC PARA 5000 MDC / MÊS			
DESCRIÇÃO	TIPO DE FORNO		
	JG 170 ≈ 3,50 m 240 FORNOS	FC 50 ≈ 5,00 m 96 FORNOS	PROTÓTIPO ≈ 6,00 m
LIMPEZA DE ÁREA	20.000,00	16.000,00	8.775,00
CONSTRUÇÃO DA PRAÇA	245.000,00	119.830,00	59.205,00
CONSTRUÇÃO DE FORNOS	840.000,00	579.000,00	513.862,40
REDE HIDRÁULICA	26.000,00	19.980,00	16.113,00
CASA PADRÃO	79.402,00	79.402,00	47.961,00
GOL DE SEGURANÇA	6.000,00	5.700,00	6.889,00
MATERIAIS P/ UC	12.700,00	5.780,00	2.781,00
ESCRITÓRIO	12.000,00	8.000,00	6.000,00
FOSSA SÉPTICA	8.700,00	8.700,00	9.000,00
CASA DE AMOSTRAGEM	9.500,00	9.000,00	10.990,00
CERCA DE ARAME LISO/FARPADO	5.600,00	4.320,00	3.000,00
ÁREA DE UPC/Ha	19,50	5,40	1,87
TOTAL	1.264.921,50	855.717,40	684.578,27

A maior redução nos custos foi na construção da praça (pátio). Com a redução na área necessária para montagem de Planta com 240 fornos modelo JG 170 de 19,50 ha para 1,87 ha para o forno modelo Protótipo reduziu o custo em 75,83%, passando de R\$245.000,00 para R\$59.205,00.

Nota-se também uma redução nos valores de construção de fornos. Em relação ao modelo JG 170, o modelo Protótipo teve redução no preço em 38,82%, representando uma economia de R\$326.137,60. Quando comparado ao modelo FC 50 a redução foi da ordem de 11,25%, economizando-se R\$65.137,60.

A redução na área total da Planta resultou em um menor impacto ambiental, evitando destocas e movimentação de solo desnecessária, reduzindo o volume de materiais para compactação e cascalhamentos.

Por fim, o custo do forno Protótipo, considerando-se sua produção mensal, mostrou-se viável quando comparado aos custos de implantação de U.P.Cs. com outros modelos de fornos.

6 CONCLUSÕES

Foi desenvolvido um forno de superfície de alvenaria cilíndrico de qualidade, inovador, com custo viável e que atendeu às expectativas de produção e aos anseios e direcionamentos da empresa.

O resultado parcial do forno protótipo, com a semi mecanização do carregamento e mecanização do descarregamento, proporcionou aumento da produtividade, melhoria nas condições de trabalho e redução dos impactos ambientais; todavia, os avanços não foram suficientes para se afirmar que todas as questões estão resolvidas.

A possibilidade de melhorias no forno indica serem possíveis melhores resultados que os obtidos nestes primeiros testes, aumentando a viabilidade para construção deste modelo de forno em escala comercial.

7 RECOMENDAÇÕES

1. Não utilizar equipamentos para descarga do forno que tenham seu rodado agindo diretamente sobre o piso no interior do forno para evitar abalos na estrutura;
2. Realizar o barreamento interno da camisa cilíndrica e da copa dos fornos;
3. Continuar os estudos no sentido de eliminação das partes metálicas com aplicação externa na soleira;
4. Continuar os estudos para redução do custo total do forno com a substituição do concreto refratário convencional aluminoso de granulometria fina 70LC por outro de mesma linha de utilização, porém, com densidade menor e melhor forma de aplicação;
5. Melhorar a construção e utilização dos gabaritos de marcação utilizados na construção do forno protótipo;

6. Desenvolver porta refratária, fixada em vigas metálicas para substituir porta de alvenaria construída com tijolos furados, reduzindo a mão de obra;
8. Diminuir a distância entre os alinhamentos de fornos, reduzindo o impacto ambiental.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização deste trabalho, percebe-se que a gestão de desenvolvimento de produtos é uma tarefa que demanda mais que “boa vontade” e tempo para ser realizada. Demanda criatividade, conhecimento de normas técnicas, métodos e planejamento e, acima de tudo, espírito de equipe para nortear e canalizar o grande volume de informações pesquisadas.

As dificuldades foram enfrentadas pelo corpo técnico envolvido e seus membros foram capazes de gerenciar o processo, com características sistêmicas, que envolveram diversas áreas, como Engenharia de Materiais, Processos, Civil e Mecânica, tal como áreas administrativas.

Este trabalho evidencia que, apesar dos esforços empreendidos pela empresa, o controle da temperatura de carbonização continua empírico, dele decorrendo a maioria dos problemas relativos à produtividade, condições de trabalho e impactos ambientais, pois as grandes variações de temperatura no interior do forno contribuem para maior emissão de poluente e maior radiação térmica, o que torna o trabalho insalubre ou, no mínimo, penoso.

As recomendações para condução da carbonização com a participação dos trabalhadores possibilitou o estabelecimento de metas de produção próximo à realidade, porém o caráter empírico e o grau de incertezas no controle do processo de carbonização faz com que o trabalho prescrito distancie do real, sendo necessário que os trabalhadores, particularmente os carbonizadores, criassem estratégias para atingir as metas estabelecidas.

Ao que tudo indica a implantação de planta de carbonização para produção de carvão vegetal com o modelo do forno protótipo, que economicamente já está viabilizado, parece ser a solução para a empresa, pois além de garantir maior produtividade e qualidade do produto, tem a possibilidade de implantação de sistema de tratamento dos gases e vapores gerados no processo, reduzindo os impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

ABEAS. Combustão da biomassa e propagação dos incêndios. **Curso de especialização por tutoria a distancia: MODULO 2**. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 2003,35 p.

ABRACAVE - Associação Brasileira dos Recursos Naturais Renováveis. **Anuário Estatístico / 98**. Belo Horizonte, MG, 1999. 12p.

ALIGRERI, LILIAN; ALIGRERI, Luiz Antônio; KRUGLIANSKAS, ISAK. **Gestão socioambiental: responsabilidade e sustentabilidade no negócio**. São Paulo: Atlas, 2009.

ANDRADE, A. M. de & CARVALHO, L. M. de. **Potencialidades energéticas de oito espécies florestais do Estado do Rio de Janeiro**. Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Floresta e ambiente, 5(1): 24-42, jan./dez., 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Normas técnicas**. NBR 8633. Brasília, 1983.

BECK, Ulrich. **La Sociedad Del Riesgo Global**. MADRID: SIGLO XXI de Espanha Editores, 2002.

BRITO. José Otávio. **Princípios de produção e utilização de carvão vegetal de madeira**. USP/ESALQ. – Documentos Florestais: Piracicaba (9): 1-19, maio 1990.

BURGER, L, M.; RIGHTER, H.G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.

Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1982. 173p. (SPT 6).

CHEIBUB, Z. & LOCKER, R (2002) In: KIRSCHNER, A. M.; GOMES, E. & CHAPPELIN, p. **Empresa, empresários e globalização**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2002.

COSTA, E. A.& ROZENFELD, S., 2000. **Constituição da Vigilância Sanitária no Brasil**. In: Fundamentos da Vigilância Sanitária. (Rozenfeld, S., org.), pp.15-40

CUNHA, M.P.S.C.; PONTES, C.L.F.; CRUZ, I.A; CABRAL, M.T.F.D.; NETO, Z.B.C.; BARBOSA, A.P. Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em caldeiras. IN: 3 **Encontro Brasileiro em Estruturas de Madeira**, São Carlos, SP. Anais. São Carlos: USP, V.2, p.93-120.

DELEPINASSE, B. M. **Diagnóstico da comercialização de produtos florestais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2002.205 p.

DEMAJOROVIC, Jacques. **Sociedade de risco e responsabilidade socioambiental: perspectivas para a educação corporativa**. São Paulo: EDITORA SENAC. São Paulo, 2003.

ELIAS, C.A. **Fabricação de carvão vegetal**. 2. ed., Rio de Janeiro, RJ, Ministério da Agricultura, SIA - Serviço de Informação Agrícola, 1961. 43p. (SIA N° 229). em 30 de Maio de 2007.

EUCALIPTO na indústria de carvão vegetal. Revista da Madeira, n.75, 2003. Disponível em<
http://www.remade.com.br/pt/revista_materia.php?edicao=75> 17

FERREIRA, J.M. **O carvão vegetal no Brasil e suas perspectivas a curto, médio e longo prazo**, 1983. 44f. Monografia (Conclusão de curso em Tecnologia Florestal), Instituto de Tecnologia da Amazônia, Manaus, 1983.

FERREIRA, O.C.2000. **Emissão de gases de efeito estufa na produção e consumo de carvão vegetal**. In: Economia e Energia. Ano III. Setembro/Outubro. <http://ecen.com/eee21/emiscar.htm>.

GOMES, P.A.; OLIVEIRA, J. B. Teoria da carbonização da madeira. **Uso da madeira para fins energéticos**. Belo Horizonte: FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS/CETEC. 1982, P.10-27.

GUIMARÃES, S.T.A.; JARDIM, L.S.B. Aspectos econômicos da produção de carvão vegetal: transporte, manuseio e estocagem. **Produção e utilização de carvão vegetal**. Belo Horizonte: FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS/CETEC, 1982.

IANNI, Otavio, A Era do Globalismo, Rio de Janeiro: 4 ed. 1999.

JUVILLAR, J. B. **Tecnologia da transformação da madeira em carvão**. In Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Manual CETEC: Uso da madeira para fins energéticos.. Belo horizonte. p. 67-82. 1980.

MALLAN, F.A. Eucalyptus improvement for timber production. In: **Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria**, 1995, São Paulo, SP. **Anais**. São Paulo: IPEF/IPT, p.1-19.

Manual de construção e operação de fornos de carbonização. Belo Horizonte: Série de publicações técnicas, 1982, p.55.

MEIRA, A. M. **Diagnóstico Socioambiental e Tecnológico da Produção de Carvão Vegetal no Município de Pedra Bela, Estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2002. 105 f.

MENDES, M.G.GOMES, P.A. OLIVEIRA, J.B.1982. **Propriedades e controle de qualidade do carvão vegetal**. In: produção e utilização de carvão vegetal. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC. 393 p.

NETTO, F.F. Estágio atual das pesquisas sobre o carvão vegetal. In: **Seminário Nacional Sobre Carvão Vegetal**. Anais. Belo Horizonte; CETEC, 1980.p.1-23.

OLIVEIRA, J.B.de; GOMES, P.A. & ALMEIDA, M.R.de. **Carvão vegetal - destilação, carvoejamento, propriedades e controle de qualidade**. Belo Horizonte, MG, CETEC –.

PAULA, R. Z. A. Indústria em Minas Gerais; origem e desenvolvimento. In: **Seminário Sobre a Economia Mineira**, 10, 2004. Diamantina. **Anais**. Disponível em: [HTTP://www.cedeplar.ufmg.br/diamantina2002/textos/d13.pff](http://www.cedeplar.ufmg.br/diamantina2002/textos/d13.pff). Acesso em 21 FEV. 2013.

PIMENTA, A.S. **Curso de atualização em carvão vegetal**. Apostila, documento interno. Viçosa: UFV/DEF, 2002.

TRUGILHO. P.F.2005. **Influencia do tempo de funcionamento da câmara de combustão no rendimento da carbonização, em forno de alvenaria**. VIÇOSA, UFV. 58.p.(TESE M.S.).

Vale et al. Acta Sci. Agron. Maringá, v. 30, n. 4, p. 441-448, 2.000

VALE at.; COSTA, A.F.; GONZALEZ, J.C.; NOGUEIRA, M. **Relações entre a densidade básica da madeira, o rendimento e a qualidade do carvão de espécies do cerrado**. **REVISTA ÁRVORE**. VIÇOSA, U. 25, m.89, p.89-95. 2001.

VELLA, M.M.C.F.1989. **Influencia da velocidade de carbonização da madeira nos rendimentos e nas propriedades do carvão produzido**. VIÇOSA, UFV. 53p. (tese M.S.).

WENZL, H.F. The chemical technology of wood. New York: Academic Press, 1970. 692 p.