

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MATTHEWS VERGILIO GOMES DE MEDEIROS

**ANÁLISE DE ÍNDICES E MOMENTOS DE TOMADA DE DECISÃO PARA
IMPLANTAÇÃO DE UMA UNIDADE DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL**

CURITIBA

2019

MATTHEWS VERGILIO GOMES DE MEDEIROS

**ANÁLISE DE ÍNDICES E MOMENTOS DE TOMADA DE DECISÃO PARA
IMPLANTAÇÃO DE UMA UNIDADE DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL**

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do curso MBA em Gestão Florestal, Setor de Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Professor Dr. Romano Timofeiczuk Junior

Coorientador: Professor Me. Gustavo Silva Oliveira

CURITIBA

2019

Análise de índices e momentos de tomada de decisão para implantação de uma unidade de produção de carvão vegetal

Matthews Vergilio Gomes de Medeiros

RESUMO

O carvão vegetal proveniente da queima parcial da madeira é utilizado para diversos fins, no setor siderúrgico, metalúrgico e em residências. Há diferentes métodos de produção, desde fornos mais simples até fornos metálicos equipados com altas tecnologias. O presente trabalho teve como objetivo efetuar o levantamento das variáveis encontradas em determinados momentos que se fazem necessário a tomada de decisão, em diferentes períodos do ciclo produtivo de uma planta de carbonização. Como método de avaliação foram diferenciadas as etapas, efetuando a tomada de decisões antes e após a construção da planta. O modelo de forno e suas dimensões foram desenvolvidos para se apropriarem ao volume de produção esperado e também à qualidade desejada para o produto final. De acordo com as decisões tomadas a unidade de produção de carvão atingiu os volumes esperados, no prazo estabelecido e obtendo a qualidade desejada no carvão vegetal. A efetivação de análises de variáveis e a tomada de decisões corretas foram as maiores forças resultantes no projeto.

Palavras-chave: Carbonização. Fornos. Lenha. Qualidade.

ABSTRACT

Charcoal from the partial burning of wood is used for various purposes in the steel, metallurgical and residential sectors. There are different production methods, from simpler ovens to high technology metal furnaces. The present work aimed to survey the variables found at certain moments that are necessary to make the decision, in different periods of the production cycle of a carbonization plant. As an evaluation method, the steps were differentiated, making decisions before and after the construction of the plant. The furnace model and its dimensions were developed to suit the expected production volume and also the desired quality for the final product. According to the decisions made, the coal production unit reached the expected volumes, within the established deadline and obtaining the desired quality in charcoal. Performing variable analysis and making correct decisions were the major forces that resulted in the project.

Keywords: Carbonization. Ovens. Firewood. Quality.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal e representa 8% de toda a matriz energética do país. A indústria siderúrgica consome mais de 90% de toda produção nacional, sendo assim o setor que mais consome este produto (REMADE, 2019).

O carvão vegetal proveniente da queima parcial da madeira é utilizado para diversos fins, no setor siderúrgico, metalúrgico e em residências. Há diferentes métodos de produção, desde fornos mais simples de alvenaria até fornos metálicos equipados com tecnologias que permitem maior produtividade (CARDOSO, 2010).

Um dos motivos para a utilização da madeira como fonte de energia é o fato desta ser renovável, permitindo diversificar a matriz energética e reduzindo a dependência dos combustíveis fósseis. A existência em abundância de florestas nativas no país acabou sendo um incentivo para a produção de carvão vegetal (IMÃNA et al., 2015).

Atualmente mais de 80% da madeira utilizada para a produção do carvão vegetal vêm de florestas plantadas, estas que estão em constante domínio no setor florestal brasileiro (INFLOR, 2019). Devido à alta demanda pela madeira que será carbonizada existem algumas variáveis e inúmeras decisões a serem tomadas para obter-se um produto final de qualidade, dentro das exigências do mercado e que seja rentável financeiramente para os produtores do carvão vegetal.

O eucalipto é uma das melhores opções para a produção de carvão vegetal, devido à rusticidade, produtividade e às características da madeira. Os reflorestamentos de eucalipto, planejados e manejados adequadamente, produzem árvores de troncos retos, uniformes e madeira com massa específica adequada para a obtenção de carvão de boa qualidade (PINHEIRO et al., 2005).

De acordo com o Instituto Brasileiro Geografia e Estatística – IBGE, a produção de carvão que provém da extração vegetal e da silvicultura, no ano de 2014, atingiu 7.240.387 toneladas. Destas, 6.219.325 toneladas provêm da silvicultura, representando 85,9 % do total produzido e um aumento de 11,4 % em relação ao ano anterior. Com relação á produção de carvão a partir da extração vegetal, esta foi responsável por 14,1 % ou ainda, 1.021.062 toneladas do total produzido (IBGE, 2015).

Grande parte da produção de carvão vegetal é direcionada principalmente para a fabricação de ferro-gusa e aço, correspondendo a 72% do carvão vegetal produzido (OLIVEIRA et al., 2013). O carvão vegetal também é utilizado para cocção de alimentos, lareiras, termoelétricas, purificação de água e bebida, filtro de máscara contra gases, indústria farmacêutica, entre outros (JUNIOR et al., 2015).

Uma UPC (Unidade de Produção de Carvão) atribui inúmeras informações, diretrizes e normas para funcionar corretamente, gerar emprego, renda e principalmente um produto com qualidade. Tomar as decisões corretas, fazer o correto estudo de caso, análises e proporções da produção são fatores para evitar perdas e prejuízos financeiros.

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo demonstrar as variáveis encontradas durante o processo da implantação, abastecimento e produção de uma planta de carbonização e os momentos de tomada de decisões que foram realizadas para obter um produto final rentável e com a qualidade necessária.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O CARVÃO VEGETAL

O carvão é proveniente da queima parcial da madeira. Segundo Juvilar (1979),

Na era primitiva, o homem utilizava pedaços de madeira em chamas para iluminar as cavernas ou aquecer-se. Possivelmente não tardou a perceber que, ao utilizar a madeira queimada, de aspecto preto e friável, esta não produzia chama e nem tanta fumaça, gerando calor de forma mais controlável que aquele produzido pela queima direta da madeira, marcando a descoberta do carvão vegetal e seu uso como combustível. (JUVILAR, 1979).

A produção do carvão vegetal no Brasil responde por cerca de 1/3 da produção mundial, aqui utilizada em sua quase totalidade para a siderurgia, mas produzida ainda, em sua grande maioria, como há um século, sem as preocupações básicas com a preservação do meio ambiente e com as condições de trabalho inadequadas (PINHEIRO et al., 2006).

De acordo com Souza et al (2002), o carvão é um produto de grande importância na economia brasileira, devido ao seu uso como alternativa de fonte de energia renovável e redutor no setor siderúrgico.

O processo da carbonização, de acordo com Pinheiro et al (2006),

É um processo em que a madeira é submetida a aquecimento entre 450 e 550°C em ambiente fechado, com pequena quantidade ou exclusão total de ar e durante o qual são liberados gases, vapores de água e líquidos orgânicos, permanecendo como resíduos, principalmente, o alcatrão e o carvão vegetal. (PINHEIRO et al, 2006).

Sobre a produção atual do carvão vegetal, os destaques para a silvicultura são os Estados de Minas Gerais, Maranhão, Mato Grosso do Sul e Bahia, responsáveis por 96,3 % do total produzido no país. Somente Minas Gerais contabiliza 83,6% deste montante. Os Estados que detém a maior produção de carvão vegetal oriunda da extração vegetal são Maranhão, Mato Grosso do Sul, Piauí, Tocantins e Bahia (IBGE, 2015).

É necessário ressaltar que o termo “carvão de boa qualidade” é muito genérico, ou seja, para determinar a qualidade do carvão vegetal para fins siderúrgicos, é necessário determinar a resistência à compressão, haja vista que, quanto menor for a resistência, maior será a geração de finos e de pó (moinha) durante o manuseio, no transporte e na utilização do carvão. De modo geral, um carvão vegetal para uso siderúrgico deve ser fisicamente denso, pouco friável, de granulometria uniforme e suficientemente resistente à compressão (ANDRADE e DELLA LUCIA, 1995).

2.2 A DEFINIÇÃO DA ESPÉCIE PARA CARBONIZAÇÃO

Andrade e Carvalho (1998) descrevem,

A madeira na forma de lenha para energia, além de ser um recurso renovável, é também menos poluente, pois apresenta um ciclo fechado de dióxido de carbono, ou seja, todo o CO₂ liberado pela madeira para geração de energia é captado pelo metabolismo da floresta no processo de fotossíntese. Tal fato não ocorre com os combustíveis fósseis, que além de emitirem o CO₂ para a atmosfera, emitem outros gases poluentes como o metano, óxidos nitrosos e enxofre. (ANDRADE e CARVALHO, 1998).

Para Carneiro et al (2011),

O diâmetro da madeira tem grande influência no tempo de secagem e de carbonização. O processo de secagem da madeira até um teor de umidade adequado (~30%) é uma das operações mais importantes na utilização da mesma. O tempo gasto para a secagem natural da madeira a ser carbonizada é muito variável, depende de fatores externo e inerentes à madeira. Tanto o tempo de secagem quanto o tempo de carbonização, serão processos mais demorados para madeiras com maiores diâmetros e mais rápido quando utilizar madeiras de menores diâmetros. Por razões de qualidade do carvão produzido o diâmetro ideal para carbonização é entre 10 a 20 cm. (CARNEIRO e tal, 2011).

Segundo Brito (1990, apud Santos 2008),

A qualidade do carvão vegetal é um dos principais aspectos para sua aceitação no mercado. Diversos são os fatores que influenciam na qualidade do carvão vegetal, mas de forma geral a qualidade depende da espécie da madeira, tamanho das peças de madeira que serviram como matéria-prima e o método de carbonização. (BRITO, 1990, apud SANTOS, 2008).

Para Mota (2013), a principal espécie cultivada no país para fins industriais é o eucalipto (*Eucalyptus*). Na última década o Brasil aumentou a área de plantio florestal. Vários fatores colaboraram para este fato, como políticas incentivadoras, linhas de financiamento e crédito também a crescente demanda de madeira e a variedade de aplicação deste produto no mercado.

Com o melhoramento genético, busca-se criar clones mais produtivos, ou seja, com maior rendimento gravimétrico, maior resistência mecânica, maior potencial energético etc. Para melhorar essas características de qualidade do carvão, destacam-se as seguintes características da madeira que podem ser controladas e aprimoradas com o melhoramento genético: maior densidade básica da madeira, maior teor de lignina, maior índice de cristalinidade da celulose e menor proporção cerne/alburno (INFLOR, 2019).

Atualmente a produção de carvão vegetal com destino às indústrias metalúrgicas e siderúrgicas ocorre a partir da carbonização da lenha do Eucalipto, que de acordo com Pinheiro et al (2006),

É uma das melhores opções para a produção de carvão vegetal, devido à rusticidade, produtividade e às características da madeira. Ainda o autor diz os reflorestamentos de eucalipto, planejados e manejados

adequadamente, produzem árvores de troncos retos, uniformes e madeira com massa específica adequada para a obtenção de carvão de boa qualidade. (PINHEIRO et al, 2006).

2.3 O MODELO DE FORNO

Para Brito e Barrichello (1981),

O carvão vegetal é classificado para o uso na metalurgia e siderurgia como: utilizado para abastecer os altos-fornos na indústria e fundição de minérios. Além de alta densidade, deve apresentar boa resistência e baixa friabilidade. Deve ainda apresentar baixo teor de material volátil, de cinza e alto teor de carbono fixo (80%). É obtido a altas temperaturas, acima de 650°C, permanecendo nesta condição durante longo período.

Segundo Carneiro et al (2011), no Brasil, cerca de 80% da produção é proveniente de pequenos e médios produtores. Os fornos com fonte interna de calor, construídos de alvenaria, com baixo rendimento e que não possuem controle da temperatura de carbonização e das emissões atmosféricas são grande maioria.

Segundo Pinheiro et al (2006),

Para uma produção de baixa/média escala os fornos de superfície JG[®] são os mais utilizados. Para a implantação corretamente de uma UPC é preciso definir inúmeras variáveis, efetivar tomada de decisões que serão fundamentais para o operacional da mesma e principalmente para obter rendimento e qualidade no produto. A escolha do modelo de forno e suas dimensões é um dos fatores principais. (PINHEIRO et al, 2006).

Ainda o autor,

Os fornos convencionais de alvenaria são os tipos mais utilizados no Brasil. Construídos de alvenaria, sendo os tijolos assentados com barro (mistura de terra argilosa e arenosa para evitar rachaduras). Apresentam baixo custo de construção, rendimento razoável e são de fácil operação.

Os fornos de superfície JG[®] são Fornos cilíndricos com abóboda, também construído com tijolos e rejuntado com barro, com uma porta, uma chaminé acoplada à estrutura e apenas uma abertura para a entrada de ar ("tatu"). Comumente, o diâmetro da base mede entre 2 e 3m e a altura máxima é de 2,5m. Após o carregamento (manual) a porta é fechada com tijolos e a ignição feita através de quatro aberturas na abóboda, fechadas progressivamente à medida que o processo de carbonização se desenvolve. "O controle da operação é realizado pela coloração da fumaça, é de fácil construção e baixo custo, apresentado uma maior taxa de

enchimento quando comparado ao forno meia-laranja”. (PINHEIRO et al, 2006).

Existem diversos outros modelos de fornos, cada um tem sua especificação própria, modo de carbonização, construção e outras variáveis. Cabe aos responsáveis efetivar a escolha correta do modelo de forno para desenvolver o carvão vegetal com a qualidade requerida.

2.4 A TOMADA DE DECISÃO EM PROJETOS FLORESTAIS

Nas instituições, sejam comerciais, prestadoras de serviços ou indústrias, sempre existirá a necessidade de tomar decisões, visando maximizar a curto, médio ou longo prazo os seus resultados. As instituições sempre estão frente às decisões quando resolvem substituir equipamentos obsoletos, suprimentos e materiais, escolher qual dos financiamentos apresentados é o mais econômico para a empresa, escolher entre dois novos produtos pesquisados ou sobre qual a espécie a ser reflorestada, qual a área a ser plantada, entre tantas outras decisões que são tomadas diariamente (UFPR, 2019).

A intensidade e a forma com que estas decisões são tomadas dependem do tipo, porte e área de atuação da instituição. Dentro deste contexto, aparece um tipo de atividade empresarial, denominada de Projetos, que por envolver um conjunto de atividades em determinado período de tempo, e por ser único, possui elevado grau de risco e incerteza quanto ao seu sucesso como empreendimento (UFPR, 2019).

A análise da viabilidade de um projeto de investimento torna-se necessário considerar muitas variáveis. Dentre estas, pode-se citar a estratégia da firma, suas políticas, estrutura de mercado na qual está inserida, seus pontos fortes e fracos, pontos de estrangulamentos, ameaças aos seus negócios, entre outras. Enfim, fatores exógenos e endógenos, negativos ou positivos que influenciam a sobrevivência da firma e a geração de valor para os proprietários e acionistas (GRAÇA, L.R, 2000).

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado na Fazenda Carapés, em uma planta de produção de carvão vegetal no município de Senador Modestino Gonçalves, no estado de Minas Gerais.

A Unidade de Produção de Carvão (UPC) é composta por uma área de fornos, área de depósito de lenha, construções da planta e área para carregamento do carvão. A matéria-prima a ser carbonizada provém de povoamentos de eucalipto constituídos pela espécie de *Eucalyptus* AEC 144 ou I-144 que é um híbrido de base genética *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, desenvolvido pela empresa ACESITA e hoje é de domínio da ARCELORMITTAL BIOENERGIA LTDA.

3.2 COLETA DOS DADOS

Para obtenção de todos os índices, o presente trabalho foi dividido em duas etapas: levantamento de dados do estágio inicial de implantação da UPC (durante o período de Junho a Julho de 2018) e levantamento de dados no estágio atual de funcionamento da UPC (durante o período de Junho a Agosto de 2019).

Para realizar a análise de todos os momentos de tomada de decisões e demonstração de todas as variáveis de cada etapa, o funcionamento da planta foi dividido em dois setores: setor “FLORESTA” onde inclui todo processo de colheita da matéria-prima e preparação da lenha para envio à planta e setor “PLANTA” que se refere a todos os processos que ocorrem dentro do local onde o carvão é produzido.

Os primeiros levantamentos foram obtidos antes da construção da UPC, quando havia apenas o setor FLORESTA disponível. Neste período foram efetivadas tomadas de decisões como:

- Definição da espécie a ser carbonizada;
- Dimensões (diâmetro e comprimento) da lenha a ser cortada;
- Tipo de colheita;
- Definição do período em que a lenha deve ficar secando no campo;

- Definição de volumes de baldeio necessários e a melhor forma de fazê-los.

Estas informações foram analisadas e um estudo de caso foi realizado no atual período para definir qual seria a melhor decisão a ser tomada para que posteriormente fosse possível iniciar a construção da UPC. As definições para este período podem ser encontradas na TABELA 1.

TABELA 1 – DEFINIÇÕES INICIAIS PARA O SETOR “FLORESTA”

Definições	Definido Faz. Carapés
Tamanho da área de plantio (ha)	330
Espécies a serem carbonizadas	<i>Eucalyptus clone I-144</i>
Diâmetro lenha (cm)	4,00 acima
Comprimento lenha (m)	1,70
Tipo de colheita	Semi mecanizada (motoserra 1+1)
Período secagem a campo (dias)	90-120
Forma de baldeio	Carregamento manual + transporte até a UPC
Volume de baldeio por dia (m³)	95

FONTE: O autor (2018).

NOTAS: Base de informações junho.

O trabalho constitui-se em um estudo de caso tomando como base a avaliação do mercado atual do carvão vegetal na região de Senador Modestino Gonçalves – MG. Para definir todos os processos iniciais com a floresta primeiramente foi decidido qual seria o cliente final do produto, no caso uma siderúrgica localizada no município de Curvelo – MG. Em contato com o cliente foram definidos volumes de entrega mensal (em MDC), preços e formalização de contrato. Após essa definição inicial pode-se então aplicar as tomadas de decisões no setor FLORESTA.

FIGURA 1: LOCAL DA COLHEITA DA MATÉRIA PRIMA - MADEIRA EM CAMPO NO PROCESSO DE SECAGEM.



FONTE: O autor (2018).

NOTAS: Base de informações junho.

3.3 DEFINIÇÕES PARA CONSTRUÇÃO DA UPC

As projeções para construção da planta de carbonização foram então iniciadas. O que foi definido no setor e período anterior é interligado ao que se deve decidir neste período de construção dos fornos e de toda UPC.

Para o setor denominado de “PLANTA” observam-se a maior presença de variáveis e momentos de tomada de decisão visto que para o processo de produção do carvão existem inúmeros fatores agregados. Nesta etapa foram efetivados os levantamentos recorrentes aos números de produção desejados (com base no contrato assinado com o cliente) e posterior qualidade esperada no carvão vegetal.

Todas as etapas em que se fizeram necessárias a tomada de decisão foram analisadas durante o período, utilizando de levantamento do mercado atual, levantamento de índices com base na estrutura de outras plantas de carbonização encontradas na região e principalmente aplicando na prática o conhecimento dos responsáveis pelo projeto (Supervisores, Coordenadores e Gerentes). Após a definição de cada um dos itens, iniciou-se a construção da praça de carbonização.

TABELA 2 – DEFINIÇÕES FINAIS PARA O SETOR “PLANTA”

Definições	Definido Faz. Carapés
Produção mensal (MDC)	2205
Quantidade de fornos	70
Modelo dos fornos	Circular JG 3,50m interno x 3,70m externo x 1,70m altura de cinta
Dimensões da porta do forno (m)	1,70 altura x 1,20 largura
Dimensões e material da cinta	Material vergalhão 3/8" com 5,60m de comprimento
Chapa da porta do forno	Ferro de perfil simples, medida 100 mm x 50 mm
Capacidade de entrada de lenha por forno (m3)	10,80
Capacidade de produção por forno (MDC)	9 MDC por rotação / Aprox. 3,5 rotações por mês = 31,50 MDC/mês
Quantidade e tipo de tijolos	Alicerce: 322 tijolos maciços / Parede (1,70m): 580 tijolos de 8 furos / Copa: 900 tijolos maciços
Fator de conversão (m3 x MDC)	1 m3 de lenha = 0,833 MDC (Fator 1.2)
Modelo produção	Seg. a qui. das 6h as 16h – Sex. das 6h as 15h
Tolerância produção de tiço (%)	3,00 por forno/dia
Período de resfriamento dos fornos (horas)	48
Rotatividade da produção dos fornos (dias)	1 para encher, 4 para carbonização e 2 para resfriamento
Limite de umidade no produto (%)	6,00 no período seco e 8,00 no período chuvoso
Controle densidade do carvão	Monitoramento após a descarga na siderúrgica
Estoque limite do produto na praça (MDC)	170
Forma de carregamento	Mecanizado com Pá carregadeira de concha alongada

FONTE: O autor (2018).

NOTAS: Base de informações agosto.

Diante de todas essas variáveis e efetivação da definição final para cada uma delas pode-se então iniciar a construção da UPC, que ocorreu na seguinte sequência de processos:

- Terraplanagem da área;
- Construção refeitório;
- Construção dos fornos;

- Construção dos boxes para colocar a lenha;
- Construção do gol para carregamento dos caminhões.

Primeiramente após a definição do local onde seria a instalada a UPC ocorreu o processo de terraplanagem da área (FIGURA 2) e o estágio final desta etapa foi a construção da linha de fornos (FIGURA 3)

FIGURA 2: TERRAPLANAGEM DA ÁREA DA UPC



FONTE: O autor (2018).

FIGURA 3: ESTÁGIO INICIAL DE CONSTRUÇÃO DA LINHA DE FORNOS, GABARITO E DIMENSIONAMENTO DA PLANTA.



FONTE: O autor (2018).

4 RESULTADOS

Após padronização da UPC de acordo com os melhores índices de produção, rentabilidade e de qualidade do produto final foi possível efetivar o levantamento dos dados finais de produção e avaliação da qualidade do produto de acordo com as especificações do cliente. Nesta etapa, como resultados avalia-se como atividade principal a rotatividade de produção alcançada nesta UPC.

4.1 DEMONSTRAÇÃO DE OUTRAS VARIÁVEIS

Para cada momento de tomada de decisão existem outras variáveis além das escolhidas neste projeto. Pode-se ressaltar a importância de cada escolha realizada ao comparar com o resultado que seria obtido caso outra escolha tivesse sido feita.

Neste projeto a definição da espécie, a quantidade de fornos e o modelo do forno foram as principais variáveis pelas quais as tomadas de decisões feitas afetaram o andamento da produção e pode-se chegar ao resultado esperado.

Demonstram-se na TABELA 3 uma primeira comparação das definições aplicadas da Fazenda Carapés e a variável 1 que seria uma mudança de escolha para cada uma das etapas de definição durante o projeto.

TABELA 3 – COMPARAÇÃO DAS DEFINIÇÕES DA FAZENDA CARAPÉS X VARIÁVEL 1

FAZENDA CARAPÉS	VARIÁVEL 1
Espécies a serem carbonizadas	<i>Eucalyptus clone I-224</i>
Comprimento lenha (m)	1,60
Volume de baldeio por dia (m ³)	105
Produção mensal (MDC)	2275
Quantidade de fornos	100
Modelo dos fornos	Circular JG 3,20m interno x 3,40m externo x 1,60m altura de cinta
Dimensões da porta do forno	1,60m altura x 1,20m largura
Dimensões e material da cinta	**
Chapa da porta do forno	**
Capacidade de entrada de lenha por forno (m ³)	8,45
Capacidade de produção por forno (MDC)	6,50 por rotação / Aprox. 3,5 rotações por mês = 22,75 / mês
Quantidade e tipo de tijolos	2.800 tijolos maciços (todo forno)

** Modelo de forno sem cinta e sem chapa na porta devido ser construído totalmente de tijolos maciços.

FONTE: O autor (2018);

NOTAS: Base de informações junho.

Na TABELA 4 o efeito de comparação foi realizado mediante a variável 2 que seria a definição de uma produção duas vezes maior que a da Fazenda Carapés.

TABELA 4 – COMPARAÇÃO DAS DEFINIÇÕES DA FAZENDA CARAPÉS X VARIÁVEL 2

FAZENDA CARAPÉS	VARIÁVEL 2
Espécies a serem carbonizadas	<i>Eucalyptus clone 1528</i>
Comprimento lenha (m)	1,80
Volume de baldeio por dia (m³)	115
Produção mensal (MDC)	5000
Quantidade de fornos	130
Modelo dos fornos	Circular JG 4,00m interno x 4,20m externo x 2,00m altura de cinta
Dimensões da porta do forno	2,00m altura x 1,50m largura
Dimensões e material da cinta	Material vergalhão 3/8" com 6,60m de comprimento
Chapa da porta do forno	Ferro de perfil simples, medida 120 mm x 50 mm
Capacidade de entrada de lenha por forno (m³)	14,30
Capacidade de produção por forno (MDC)	11,00 por rotação / Aprox. 3,5 rotações por mês = 38,50 / mês
Quantidade e tipo de tijolos	4.800 tijolos maciços (todo forno)

FONTE: O autor (2018).

NOTAS: Base de informações junho.

Nas variáveis 1 e 2 observa-se que no projeto era possível ter outra espécie de Eucalipto e foram citadas outras duas espécies que também são muito utilizadas na região. Com isso, conseqüentemente obtém-se outros resultados quanto à qualidade do carvão e rendimento gravimétrico da madeira, por exemplo.

O comprimento da lenha é definido conforme a altura do modelo de forno definido e o baldeio diário é definido conforme volume de lenha que o forno suporta.

A produção mensal é definida pelo volume de MDC (metros de carvão) que o forno produz multiplicado pela quantidade de rotações que cada forno consegue alcançar em 30 dias e multiplicado pela quantidade de fornos da UPC. Na variável 1 o projeto teria 100 fornos pois a dimensão do modelo escolhido é um pouco menor do que o que foi definido na Fazenda Carapés, mesmo assim a produção mensal seria igual ao projeto original.

Na variável 1 o modelo de forno além de apresentar menores dimensões é composto totalmente por tijolos maciços na sua construção. Este tipo de forno era muito comum nos tempos passados e até hoje é muito utilizados por pequenos e médios produtores da região, pois possui um custo um pouco menor e é de fácil

construção. Este modelo alcançaria normalmente os volumes e a qualidade do carvão em comparação ao modelo de forno da fazenda.

Já na variável 2 o forno seria inteiro de tijolos maciços também, porém se trata de um modelo de forno com dimensões muito maiores e maior quantidade de fornos na praça, em comparação com a fazenda. Diante disso resultaria numa produção mensal maior, mais que o dobro da definida inicialmente, porém com o custo para construção dos fornos maior. Neste tipo de forno a capacidade de enchimento de lenha é bem maior e com isso exigem-se mais custos com mão de obra.

A variável 2 também descreve um plano de produção no geral em grande escala, de acordo com as proporções da planta como volume de madeira e capacidade de produção (número de funcionários). Com essa definição se pode ter maior rendimento e redução de prazos, ou seja, diminuir em até metade do prazo para entrega do volume de carvão acordado inicialmente com o cliente.

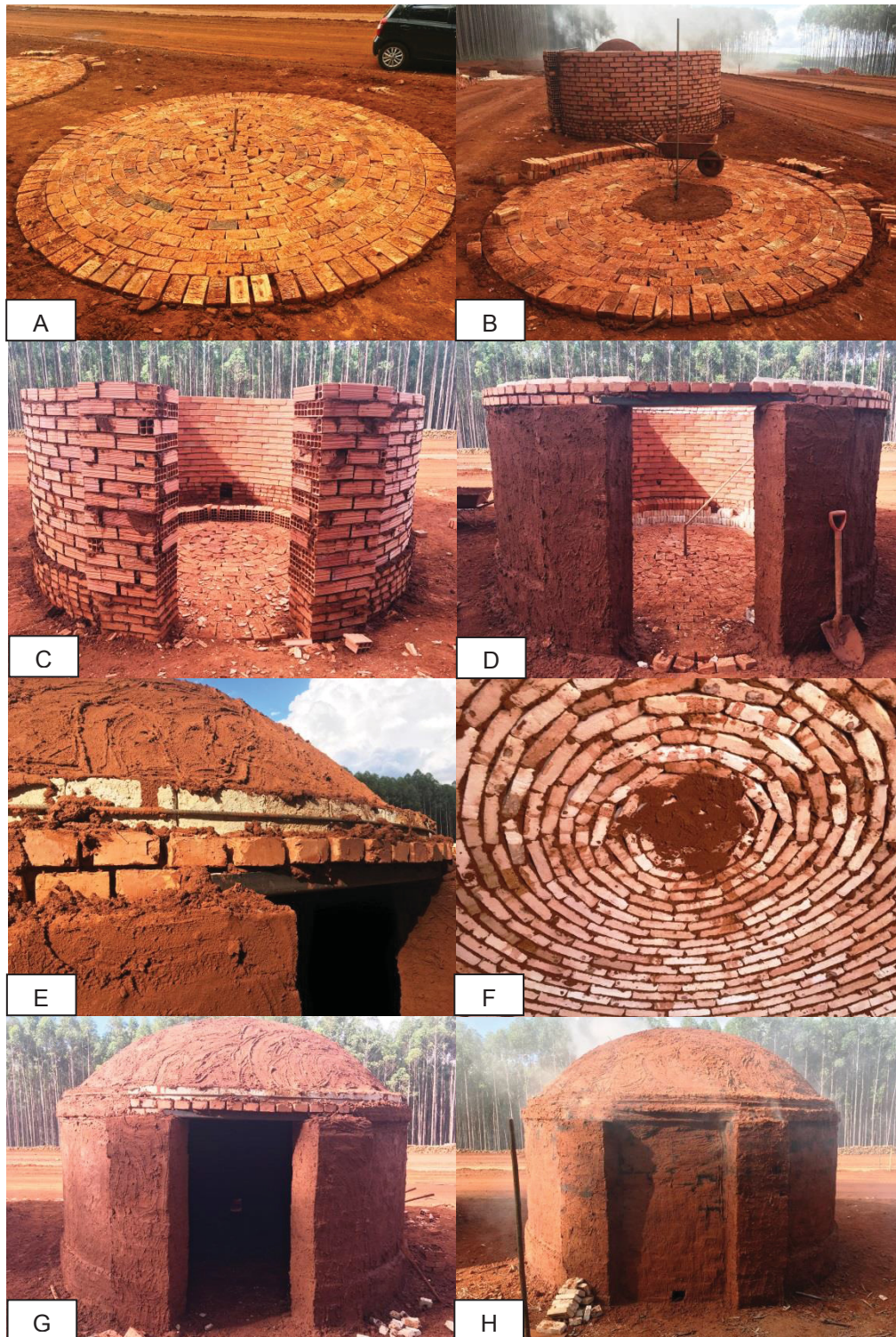
Para efeito de comparação observamos que é essencial efetivar um plano de produção antes de iniciar-se a construção da planta de carbonização e os momentos de tomada de decisão são fundamentais para analisar todos os custos presentes na construção da planta e alinhado a isso a qualidade do produto gerado.

4.2 ESTRUTURA DOS FORNOS

Neste projeto a principal etapa foi a definição do modelo de forno e suas dimensões. Utilizando o modelo Circular JG de 3,50 m interno x 3,70 m externo x 1,70 m altura de cinta e principalmente devido a disposição diferente dos tijolos na construção dos fornos pode-se obter uma planta de carbonização de padrão diferente de outras plantas encontradas na região.

O forno constitui-se tanto de tijolos de 8 furos quanto de tijolos maciços, o que difere este modelo dos demais, visto que desde muito tempo atrás e até os dias de hoje os fornos são na sua maioria constituídos integralmente de tijolos maciços, nas plantas de carbonização de pequenos e médios produtores na região.

FIGURA 4: ESTÁGIO DE CONSTRUÇÃO DOS FORNOS: A) ALICERÇE DE TIJOLOS MACIÇOS; B) CONSTRUÇÃO DA PAREDE; C) FINALIZAÇÃO DAS PAREDES COM TIJOLOS DE 8 FUROS; D) FINALIZAÇÃO DA CAMISA; E) APLICAÇÃO DO VERGALHÃO DE PROTEÇÃO DA COPA; F) COPA FINALIZADA COM TIJOLOS MACIÇOS; G) FINALIZAÇÃO DA BARRELA DA COPA; H) FORNO FINALIZADO E BARRELADO.



FONTE: O autor (2018).

NOTAS: Base de informações agosto.

Para o projeto foi definido este modelo de forno devido ao custo padronizado e também porque permite obter um resfriamento mais uniforme e redução no tempo de resfriamento de 18 horas aproximadamente. Com este modelo e dimensões podemos obter carvão com mais qualidade, ficando mais inteiro na hora de retirar do forno, com isso obtém-se mais volume e melhor rendimento gravimétrico da madeira.

4.3 ESTRUTURA DA UPC

A UPC deste projeto apresenta uma estruturação dentro dos padrões exigidos atualmente no que se refere às normas de segurança e também quanto à viabilidade da produção (FIGURA 5).

FIGURA 5: ESTRUTURA DA PLANTA DE CARBONIZAÇÃO: A) BOXES DE DEPÓSITO DE LENHA; B) ESTRUTURA DAS CHAMINÉS LATERAIS; C) PROCESSO DE CARBONIZAÇÃO EM ANDAMENTO E ESTOQUE DE CARVÃO NA PRAÇA; D) ESTRUTURA DO ALINHAMENTO DOS FORNOS.



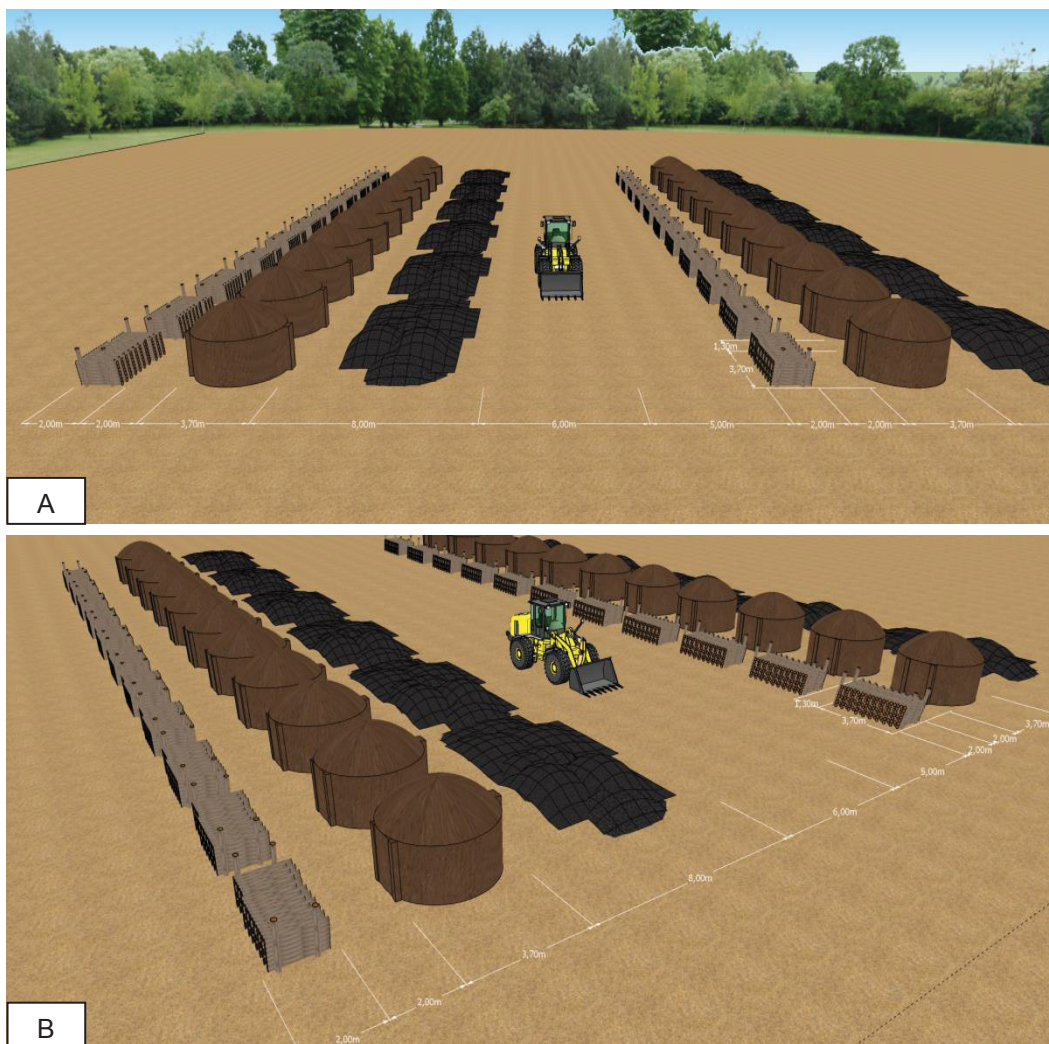
FONTE: O autor (2018).

NOTAS: Base de informações agosto.

Para o correto funcionamento da planta é imprescindível manter os boxes (gabaritos) cheios com a lenha, manter uma organização dos materiais utilizados para encher e descarregar os fornos, manter a limpeza da praça, manter uma distância correta da linha do estoque de carvão para com a área de presença de funcionários ao redor do forno, entre outros cuidados a serem tomados. As definições das distâncias entre fornos, entre os locais de estoque do carvão, passagem do maquinário entre outros foram ser feitas no início da construção da UPC.

A UPC da Fazenda Carapés é definida com dimensões características para produção em pequena/média escala (FIGURA 6).

FIGURA 6: ESTRUTURA PARCIAL DA PLANTA DE CARBONIZAÇÃO EM 3D: A) VISÃO FRONTAL; B) VISÃO EM PERSPECTIVA.



FONTE: O autor (2019).
NOTAS: Software AutoCAD 2019.

4.4 QUALIDADE DO PRODUTO

Um dos processos principais antes de iniciar a produção do carvão foi alinhar com o cliente final (Indústria Siderúrgica) todos os índices aceitáveis referentes à qualidade do carvão.

Após a UPC estar otimizada e com a produção em constante operação iniciou-se o processo de controle da qualidade do carvão. Mediante acordo inicial com o cliente (Siderúrgica) conclui-se como carvão de qualidade o material que seguia os seguintes aspectos:

- Presença de até 8% de finos;
- Umidade aceitável de até 6% com desconto do excedente no período seco e de até 8% no período chuvoso;
- Peso do carvão variando entre 220 Kg/MDC a 280 Kg/MDC;
- Entrega mensal de aproximadamente 2200 MDC.

Diante dos limites citados acima, demonstram-se na TABELA 5 os números da produção do carvão de junho de 2018 a junho de 2019.

TABELA 5 – DADOS DE PRODUÇÃO FAZENDA CARAPÉS – JUNHO/2018 A JUNHO/2019

2018	FATORES			
Mês	MDC	Peso (Kg/MDC)**	% Desconto Finos**	% Desconto Umidade**
JUNHO	1887,50	210,98	2,46%	0,98%
JULHO	2124,50	230,23	2,51%	0,48%
AGOSTO	1699,00	237,92	2,20%	2,36%
SETEMBRO	2133,47	236,75	2,52%	4,16%
OUTUBRO	2083,76	249,26 ***	3,81%	7,90% ***
NOVEMBRO	1940,97	244,25 ***	2,59%	5,69% ***
DEZEMBRO	1837,00	246,86 ***	2,91%	7,97% ***
2019				
JANEIRO	1974,00	255,61 ***	1,91%	4,00% ***
FEVEREIRO	1756,50	239,54 ***	2,07%	4,71% ***
MARÇO	1888,00	240,52 ***	2,77%	3,80% ***
ABRIL	2498,50	240,56	3,26%	2,13%
MAIO	2579,00	238,28	4,09%	5,89%
JUNHO	2155,50	232,80	4,83%	6,02%
Média total	2042,90	238,74	2,92%	4,31%

** Médias

*** Período de maiores índices de precipitações

FONTE: O autor (2018 e 2019).

NOTAS: Base de informações de junho de 2018 a junho de 2019.

Mediante análise da TABELA 5 observam-se alguns pontos importantes no que se refere aos dados de produção da Fazenda Carapés no período de 12 meses.

Com base na quantidade de 2200 metros cúbicos de carvão (MDC) de acordo para entrega mensal e principalmente de acordo com a capacidade de produção da planta, obteve-se uma estabilidade de produção, atingindo os volumes esperados para o período e com pequenas oscilações devido ao mercado atual do produto, principalmente com relação ao preço e também de acordo com a demanda do cliente.

Com relação ao peso do carvão (Kg/MDC) obteve-se uma média de 238,74 que é um número expressivo com base na qualidade do produto e principalmente para o tipo de material genético escolhido para a carbonização, demonstrando êxito na obtenção de carvão vegetal de maior densidade e mais inteiro além de estar dentro dos números esperado pelo cliente. Sobre o mesmo fator pode-se observar que nos meses de maiores índices de precipitação na região (de outubro a março) o peso do carvão foi maior devido à maior presença de umidade no produto, por causa da quantidade de chuva na planta.

O mesmo ocorreu com o fator da umidade no carvão, o aceitável pelas siderúrgicas era de até 6% (acima disso era feito um desconto extra) para o período seco e no período chuvoso era de até 8% mas na média geral do período chuvoso (5,67%) o número fica dentro dos padrões exigidos.

Quanto ao índice de presença de finos os valores foram sempre abaixo dos 8% aceitáveis pelos clientes, demonstrando maior cuidado na produção do carvão e controle que foi efetivado a cada período de descarga dos fornos.

Além de obter-se qualidade no produto devido ao modelo de produção atingir os índices esperados também foram realizadas análises na qualidade do carvão nas suas composições químicas e físicas.

As siderúrgicas possuem uma base de números aceitáveis para cada item, abaixo descrevem-se os índices aceitáveis de um dos clientes do período:

- Percentual aceitável de cinzas: 2%
- Percentual aceitável de finos: 8%
- Percentual aceitável de umidade: 6%
- Percentual aceitável de carbono fixo: 75%
- Percentual mínimo aceitável de material volátil: 20%.

Na TABELA 6 apresentam-se os dados obtidos em laboratório na análise do carvão da Fazenda Carapés.

TABELA 6 – DADOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO CARVÃO

Material Genético	<i>Eucalyptus clone I-144</i>
Resistência Mecânica (%)	68,60
Tamanho Médio (mm)	45,45
Finos (%)	8,21
Umidade (%)	3,30
Carbono Fixo (%)	81,76
Materiais Voláteis (%)	17,21
Cinzas (%)	1,03

FONTE: O autor (2018).

NOTAS: Base de informações junho.

A análise química é a melhor demonstração do carácter qualitativo do produto do projeto e foi desenvolvido em parceria com a empresa ArcelorMittal Bio Florestas no período de junho de 2018, antes do start da planta de carbonização.

Com relação à análise das propriedades químicas e físicas do produto em comparação aos índices aceitáveis pelo cliente observa-se que estão dentro dos padrões, apenas o percentual de presença de carbono fixo (81,76%) é maior que o aceitável pelo cliente (75%), fato que ocorre quando o material fica mais tempo do que o necessário estocado aguardando carregamento.

FIGURA 7: A QUALIDADE DO CARVÃO VEGETAL: A) LINHA DE CARREGAMENTO DO CARVÃO; B) CARBONIZAÇÃO DE MELHOR APROVEITAMENTO DO CARVÃO; C) CARVÃO DE MAIOR DENSIDADE; D) CARVÃO MAIOR E INTEIRO.





FONTE: O autor (2019).
NOTAS: Base de informações junho.

5 CONCLUSÕES

Durante o processo da produção do carvão vegetal surgiram inúmeros fatores variáveis e foram necessárias tomadas de decisão que interferiram diretamente no andamento da produção e da obtenção dos resultados.

Deste modo, é de suma importância definir um modelo de produção adequado às características da localidade, da espécie e da qualidade do produto desejado. A definição do modelo do forno e suas dimensões foi o principal fator neste projeto para que a unidade de produção de carvão produzisse corretamente os volumes esperados.

A estruturação de toda planta foi fundamental para a aplicação de controles de qualidade da forma correta e principalmente a obtenção de carvão vegetal dentro dos parâmetros exigidos pelos clientes (siderúrgicas).

Obteve-se produto com qualidade, dentro dos índices acordados com o cliente e de acordo com o tipo de modelo de produção estruturalmente aplicado.

Os prazos, custos e volumes esperados foram alcançados perante as decisões tomadas e as definições efetivadas em todos os processos, durante períodos diferentes.

REFERÊNCIAS

ANDRADE A.M., CARVALHO L.M. **Potencialidades energéticas de oito espécies florestais do Estado do Rio de Janeiro**. Floresta e Ambiente; 5(1): 24-42, 1998.

ANDRADE, A. M. de & DELLA LUCIA, R. M. **Avaliação da higroscopicidade do carvão vegetal e de seus efeitos na resistência ao esmagamento**. Revista Floresta e Ambiente. Ano 2. 1995.

BRITO J.O. **Princípios de produção e utilização de carvão vegetal de madeira**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais; 9: 1-19, 1990.

BRITO, José Otávio; BARRICHELO, Luiz Ernesto George. **Considerações sobre a produção de carvão vegetal com madeiras da Amazônia**. IPEF Série Técnica, Piracicaba, v. 2, n. 5, p. 1-25, 1981.

CARDOSO, M. T. **Desempenho de um sistema de forno-fornalha para combustão de gases na carbonização de madeira**. 2010. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG. 2010.

CARNEIRO, A. C. O.; BARCELLOS, D. C.; SANTOS, R. C. **Treinamento carvão vegetal: apostila teórica e prática**. Viçosa-MG, 129p, 2011.

GRAÇA, L. R., RODIGHERI, H. R. CONTO, A. J. **Custos florestais de produção: conceituação e aplicação**. Documentos, 50. Colombo: Embrapa Florestas, 2000.

IMÃNA, Christian Rainier et al. **A tributação na produção de carvão vegetal**. CERNE, Lavras, v. 21, n. 1, p. 9-16, 2015.

INFLOR. **Produção de carvão vegetal: desafios e oportunidades**. Disponível em: <<https://www.inflor.com.br/producao-de-carvao-vegetal-desafios-e-oportunidades/>>. Acesso em: 14 out. 2019.

Instituto Brasileiro Geografia e Estatística – IBGE. **Produção da extração vegetal e silvicultura**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2015_v30.pdf>. Acesso em: 08 out. 2019.

JUNIOR, F. N. **Análise dos Processos de Produção de Carvão Vegetal no Brasil Frente aos Princípios de Ecoeficiência**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Ponta Grossa: APREPRO, 2015.

JUVILAR, J.B. **O carvoejamento da madeira e seus reflexos na qualidade do carvão: Qualidade da madeira**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), Circular Técnica n. 64, 6p, 1979.

MOTA, F. C. M. **Análise da Cadeia Produtiva do Carvão Vegetal Oriundo de *Eucalyptus sp.* no Brasil**. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

OLIVEIRA, A. C. et al. **Otimização da produção do carvão vegetal por meio do controle de temperaturas de carbonização**. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 37, n. 3, p. 557-566, 2013.

PINHEIRO, P. C. C. et al. **Organização da produção do carvão vegetal em fornos de alvenaria**. Biomassa & Energia, v. 2, n. 3, p. 253-258, 2005.

PINHEIRO, P.C.C.; SAMPAIO, R.S.; REZENDE, VIANA, E. **Produção de Carvão Vegetal: Teoria e Prática**. Belo Horizonte. 1ª Edição. 120p, 2006.

REVISTA DA MADEIRA. **Produção de carvão vegetal: desafios e oportunidades**. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/noticias/15832/-producao-de-carvao-vegetal:-desafios-e-oportunidades>>. Acesso em: 11 out. 2019.

SANTOS, S.F.O.M. **Produção de carvão vegetal em cilindros metálicos verticais: alguns aspectos referentes à sustentabilidade**. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2008.

SOUZA, S.N.M.; SORDI, A. & OLIVA, C.A. **Potencial de energia primária de resíduos vegetais no Paraná**. 4º Encontro de Energia no Meio Rural. Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), p5, 2002.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR). **Apostila da disciplina: Elaboração, Análise e Tomada de Decisão em Projetos Florestais**. Professor Romano Timofeiczky Junior. Acesso em: 11 ago. 2019, p3.