

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

LEANDRO MINETE DO ROSÁRIO

BRIQUETAGEM VISANDO UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE UMA
SERRARIA

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2011

LEANDRO MINETE DO ROSÁRIO

BRIQUETAGEM VISANDO UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE UMA
SERRARIA

Monografia apresentada ao
Departamento de Engenharia
Florestal da Universidade Federal do
Espírito Santo, como requisito parcial
para obtenção do título de
Engenheiro Industrial Madeireiro.

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2011

LEANDRO MINETE DO ROSÁRIO

BRIQUETAGEM VISANDO UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE UMA
SERRARIA

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da
Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção
do título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

Aprovada em 11 de novembro de 2011.

COMISSÃO EXAMINADORA


Profª. D. Sc. Maria Donária Chaves Arantes
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora


Profª. D. Sc. Graziela Baptista Vidaurre
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinadora


Profª D. Sc. Elizimar de Oliveira Gonçalves
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinadora

"Uma pessoa inteligente aprende com os seus erros, uma pessoa sábia aprende com os erros dos outros."

Augusto Cury

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Luiz Alberto e Lúcia, pelo eterno amor, confiança e incentivo nesta difícil etapa em minha vida; as minhas irmãs Vanessa, pelo carinho e paciência, e Andressa, pelo apoio e conhecimentos transmitidos durante minha graduação.

A professora e orientadora, Marina Donária Chaves Arantes, pela orientação, paciência, enorme dedicação capaz de transmitir toda sua experiência na realização deste trabalho.

Ao professor Wendel Sandro de Paula Andrade, pelo auxílio na realização deste trabalho transmitindo conhecimentos que certamente serão levados em minha carreira profissional.

A Universidade Federal do Espírito Santo, por minha formação acadêmica, ao Departamento de Engenharia Florestal, por ceder laboratórios e equipamentos durante a realização deste trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia Industrial Madeireira, que durante estes cinco anos transmitiram conhecimentos que serão levados ao longo da vida toda.

A minha namorada, Isabela, pelo amor, carinho e compreensão nos momentos de dificuldade e apreensão.

A madeireira Pindobas, por ter concedido o material; ao Almir, pelo apoio e paciência ao longo da realização do trabalho.

Aos amigos, em especial ao Bruno, Jordano e Raul, pelo apoio, companheirismo e amizade nestes quase cinco anos de graduação.

Aos amigos Dercílio, Michel e Jordão pelo auxílio na realização dos ensaios nos laboratórios.

RESUMO

O descarte inadequado de resíduos ligno-celulósicos gerados durante o processamento mecânico de madeiras vem provocando uma série de problemas ambientais. Portanto, é necessário o desenvolvimento de técnicas para o aproveitamento dos mesmos a fim de reduzir as pressões sobre as florestas nativas. Uma das técnicas é a briquetagem que consiste na compactação de resíduos por uma prensa mecânica com pressão e uso ou não de temperatura. Os objetivos do presente trabalho foram quantificar e caracterizar a serragem produzida a partir do processamento mecânico de madeiras de pinus e eucalipto provenientes do Complexo Agroindustrial Pindobas, ES e analisar os custos operacionais de um sistema de briquetagem próximo à serraria. Para avaliação da serragem, foram determinados a densidade, umidade, teor de cinzas e extrativos. No estudo dos custos foram avaliados os custos iniciais de investimento para criação de um sistema de briquetagem e os custos fixos e variáveis do funcionamento pleno da briquetadeira. Concluiu-se que como a serraria gera volumes de serragem consideráveis para instalação de um sistema de briquetagem, além de ter se apresentado adequada para a geração de energia, pois a densidade a granel foi relativamente baixa, reduzido teor de cinzas e elevado teor de extrativos. Na avaliação dos custos, foi observada que o setor de maior participação no total foi à energia elétrica, em especial a energia consumida pelo secador que pode representar até 78% de todo o consumo. Por fim, o projeto é viável e ainda pode ter seu lucro maximizado reaproveitando todos os tipos de resíduos que são gerados nas linhas de produção.

Palavras-chave: Briquete. Resíduos ligno-celulósico. Custos operacionais.

SÚMARIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
1 INTRODUÇÃO	01
1.1 O Problema e sua importância	02
1.2 Objetivos	02
1.2.1 Objetivo geral	02
1.2.2 Objetivos específicos.....	02
2 REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 Resíduos ligno-celulósicos	03
2.2 O gênero <i>Pinus</i> e <i>Eucaliptus</i>	04
2.3 Processo de briquetagem e suas vantagens.....	05
2.4 Mercado de briquete	07
2.5 Teoria dos custos de produção	08
3 METODOLOGIA.....	10
3.1 Área de estudo	10
3.2 Quantificação da serragem	12
3.3 Caracterização da serragem	13
3.3.1 Densidade a granel e umidade da serragem.....	13
3.3.2 Teor de cinzas e extrativos da serragem.....	13
3.4 Cálculo do custo de produção	14
3.4.1 Custos fixos	14
3.4.2 Custos variáveis	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
4.1 Quantificação da serragem	17
4.2 Caracterização da serragem	18
4.3 Avaliação dos custos de produção.....	20
5 CONCLUSÕES	22
6 REFERÊNCIAS.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação da redução de volume dos materiais utilizados	07
Tabela 2 – Volume de serragem gerado por dia na linha I.....	19
Tabela 3 – Volume mensal de serragem gerado nas duas linhas de produção	19
Tabela 4 – Valores para cada amostra de densidade a granel, umidade, teor de cinzas e extrativos.....	20
Tabela 5 – Estrutura de custos operacionais por mês	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Preço dos briquetes no mercado nacional	08
Figura 2 – Mapa do Espírito Santo, em destaque o município de Venda Nova do Imigrante, onde está localizada a empresa	11
Figura 3 – Fluxograma da linha I e II da Serraria Pindobas, respectivamente	11

1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta uma extensa área florestal representando grande porcentagem do território nacional. Este aspecto explica o enorme potencial que o País vem apresentando para a geração de produtos madeireiros, tendo como destaque a madeira proveniente de florestas de reflorestamento.

Segundo dados publicados pela Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas/ABRAF (2011), em 2010 o Brasil atingiu 6.510.693 ha de área de florestas plantadas de eucalipto e pinus, apresentando crescimento de 3,5% ao ano. Este crescimento é resultado de fatores que favorecem o plantio em larga escala. Entre os aspectos mais relevantes estão o rápido crescimento em ciclo de curta rotação, alta produtividade florestal e direcionamento de investimentos por parte de empresas que utilizam sua madeira como matéria prima em processos industriais.

A disponibilidade de matéria prima para o setor madeireiro tem facilitado o uso irracional da madeira. Em geral, as indústrias madeireiras tendem a apresentar baixo rendimento devido à ausência de um plano de corte e, portanto, grandes quantidades de resíduos são gerados durante as operações de desdobro. A geração de resíduos é consequência natural do processamento primário e secundário da madeira provocado pelo contato com as serras, instrumentos de corte e acabamento da madeira.

As empresas em geral não realizam um descarte adequado dos resíduos. Frequentemente, em indústrias madeireiras, formam-se pilhas de serragem que quando estacionadas em um aterro acabam liberando chorume (PAULA, 2006). Este fato tem ocasionado problemas ambientais como a contaminação de solos e lençóis freáticos. Uma forma de reduzir a quantidade de resíduos descartados sem determinado fim seria a agregação de valor para o mesmo. Neste contexto, destaca-se a briquetagem que consiste na compactação dos resíduos por meio de ação mecânica, sob elevada pressão e temperatura, aumentando suas propriedades energéticas (PAULA et al., 2010).

No Brasil, o interesse no processo de briquetagem sempre esteve voltado para o aproveitamento dos finos de carvão vegetal oriundos da siderurgia, levando a maioria das pesquisas para o desenvolvimento de briquetes para usos nessa

atividade (QUIRINO, 1991). Segundo Paula et al., (2010) não existe uma tradição industrial na produção de briquetes de materiais ligno-celulósicos, demonstrando assim a importância dos estudos nesta área.

1.1 O problema e sua importância

A produção de briquetes deve ser uma opção para minimizar os problemas sofridos pelo ambiente causado pelo acelerado crescimento das atividades humanas. O processo ganhou ainda mais importância após a supervalorização do preço do barril de petróleo na década de 70, aparecendo com fonte de geração de energia mais barata.

A importância deste tema está na falta de divulgação e pouco conhecimento desta técnica de aproveitamento de resíduos como serragem proveniente de indústrias madeireiras.

A produção de briquete, além de ser uma forma de reutilização dos resíduos, ainda apresenta vantagem econômica com a geração de renda para a indústria, pela comercialização deste produto. Outras vantagens apresentadas são: a redução do volume de resíduos estacionados no pátio da serraria, poder calorífico superior à lenha e redução do custo de transporte, pois os briquetes podem ser armazenados de forma a reduzir os espaços vazios durante seu transporte.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Quantificar e qualificar os resíduos provenientes de uma serraria situada no município de Venda Nova do Imigrante, região serrana do Estado do Espírito Santo e analisar os custos operacionais de instalação de uma planta de briquetagem.

1.2.2 Objetivos específicos

- Quantificar a serragem gerada pela serraria por mês;
- Caracterizar a serragem gerada pela serraria;
- Calcular o custo de produção do briquete;
- Analisar os custos que apresentam maior participação nas despesas da empresa e buscar soluções para reduzi-los.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Resíduos ligno-celulósicos

Resíduo é definido como toda a sobra de uma produção ou exploração. É também toda substância, material, ou produto destinado ao abandono. Os resíduos ligno-celulósicos são assim chamados por apresentarem em sua constituição lignina e celulose, sendo de origem vegetal. Como exemplo, pode-se citar a madeira de demolição, restos de indústria moveleira, móveis velhos, sobras do processo de beneficiamento da madeira, postes, estacas, dormentes e paletes. A exploração florestal também é uma grande fonte de resíduos ligno-celulósicos (QUIRINO, 2002).

Segundo o mesmo autor, a gestão dos resíduos envolve fases diferentes, porém básicas, que vão desde a caracterização, definição da origem e fluxo dos produtos. Este estudo serve como suporte técnico e econômico das soluções alternativas para a produção, administração e eliminação dos resíduos.

Lima e Silva (2005) constataram que todo e qualquer tipo de transformação da madeira gera resíduos em menor ou maior quantidade, dependendo do tipo do beneficiamento. Somente 40 a 60% do volume total da tora são aproveitados. Vieira et al. (2006) afirmaram que um volume de 0,5629 m³ de toras gerou 0,1249 m³ de serragem, representando 22,2% do volume total da tora. Já Murara Junior et al. (2005) concluíram que toras de *Pinus taeda* obtiveram um rendimento médio de 44,21% durante o desdobro convencional e 53,60% no desdobro otimizado.

Quirino (2002) citou algumas formas de transformar os resíduos ligno-celulósicos em energia ou em combustível como a queima direta, que gera calor, necessário para produzir vapor, a gaseificação, que pode gerar um gás combustível ou um gás de síntese e a carbonização, que produz carvão vegetal ou de termo-redução na indústria siderúrgica.

Segundo a ABIMCI (2009) uma serraria que possui uma produção de 36.000 m³ de serrado por ano, seja capaz de gerar de 10.800 a 13.200 MWh.ano⁻¹. Nestas condições, a serraria se torna auto-suficiente, pois a energia necessária a seu funcionamento é toda extraída do seu próprio resíduo.

O caso citado evidencia os benefícios que o destino apropriado dos resíduos pode gerar para a empresa que, além de não contribuir com a degradação do

ambiente ainda consiste na redução dos custos, pois não é necessário a compra de energia.

2.2 Os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo/IPT (1989), o pinus possui cerne e alburnos indistintos pela cor (branco/amarelado), brilho moderado; cheiro e gosto distintos e característicos (resina), agradável; densidade baixa; macio ao corte; grã direita e textura fina. Em relação às características do processamento, a madeira é fácil de ser trabalhada, e seca e permite um bom acabamento.

De acordo com um estudo realizado por Klock (2000), o *Pinus taeda* é uma das espécies do Sul dos Estados Unidos e o nome “taeda” refere-se à palavra ancestral que denominava os pinheiros resinosos. A árvore, em seu ambiente nativo, pode atingir cerca de 45 metros de altura, com diâmetros aproximados de 1,30 metros sendo que, a mais alta árvore que se teve notícia, tinha altura de 54 metros com 1,42 metros de diâmetro.

Algumas das principais atividades industriais utilizam a madeira de *Pinus*, e geram produtos de valor agregado com tecnologia e qualidade, mas que apresentam grande potencial de aprimoramento. Entre estas, pode-se apontar a madeira proveniente de florestas plantadas, destinada à indústria de móveis e de construção habitacional.

Quando se pensa em árvores de rápido crescimento, como alternativa para produção de madeira, o gênero *Eucalyptus* se apresenta como um dos mais importantes pela grande diversidade de espécies, tornando possível atender aos requisitos tecnológicos dos mais diferentes segmentos da produção industrial (SILVA, 2008).

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/EMBRAPA (2010), espécies de eucalipto têm sido preferencialmente utilizadas por causa do seu rápido crescimento, capacidade de adaptação às diversas regiões ecológicas e pelo potencial econômico de utilização diversificada de sua madeira.

Segundo Pereira (2000), mesmo dentro de uma mesma espécie, propriedades podem variar marcadamente, fazendo com que determinadas progênies ou

procedências sejam apropriadas para um determinado processo industrial e que outras sejam totalmente inúteis.

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação/FAO (1981), o gênero *Eucalyptus* possui muitas utilizações como a celulose, painéis aglomerados, postes, bem como para fins ambientais e recreativos, desempenhando ainda um papel importante na produção de lenha como recurso renovável, para os quais oferecem uma excelente combinação entre densidade e volume de produção.

Porém, a partir do desenvolvimento de técnicas para utilização da madeira de eucalipto para uso sólido, observaram-se problemas tecnológicos desta matéria prima causando desperdício no seu processamento. Apesar das melhorias nas técnicas de processamento primário e secundário, o desperdício na indústria madeireira é considerável (VIEIRA, 2006).

2.3 Processo de briquetagem e suas vantagens

O briquete é uma alternativa para o aproveitamento energético de qualquer biomassa vegetal. Quirino (2004) afirmou que a técnica de compactação de resíduos para uso energético é pouco conhecida e utilizada no Brasil. Os empresários ao tomarem conhecimento desta técnica mostram-se surpresos e interessados por causa do ganho para a empresa.

O processo de briquetagem consiste na aplicação de pressão através de uma prensa mecânica em uma massa de matéria prima transformando-a em um sólido cilíndrico compacto com elevada densidade e poder calorífico (Filippetto 2008).

Vale e Gentil (2008) comentaram que a serragem, em algumas Regiões do Brasil, custa R\$ 10,00/ton, sendo vendida como briquete no mercado doméstico de varejo como padarias, pizzarias e churrascarias em até R\$ 290,00/ton. Já Abreu (2007) afirmou que os preços do briquete variam entre R\$170,00 a R\$200,00/ton.

A briquetagem é uma forma eficiente para concentrar a energia disponível na biomassa. Este fato pode ser explicado pela consideração de que 1,00 m³ de briquetes contêm pelo menos quatro vezes mais energia que 1,00 m³ de resíduos, levando-se em consideração a densidade a granel e o poder calorífico médio destes materiais (QUIRINO, 1991).

Segundo Pereira (2000), a densidade da madeira é um fator importante para avaliar sua qualidade como, por exemplo, a produção e a qualidade do carvão vegetal e os custos operacionais ligados ao seu transporte e armazenamento. Madeiras mais densa apresentam maior poder calorífico por unidade volumétrica. Madeiras mais leve possuem aproximadamente o mesmo poder calorífico por unidade de peso, mas possuem menor poder calorífico por unidade de volume.

As pesquisas apontam como vantagem na utilização do briquete o preço, que, em geral, é menor que algumas energias concorrentes. Vale e Gentil (2008) afirmaram que, em comparação com a lenha, seu concorrente direto, o briquete possui maior densidade energética, tem maior rapidez na geração de temperatura e calor, proporciona redução dos custos de transporte, proporciona menor custo de manuseio, infraestrutura de armazenamento, movimentação, mão-de-obra, encargos sociais, maior apelo ambiental por ser produzido de resíduos.

Outra vantagem da briquetagem é a redução do volume do material (Tabela 1), implicando em um armazenamento de energia maior em um menor espaço para estocagem (FLORES et al., 2009).

Tabela 1 - Comparação da redução de volume da serragem de *Pinus* e *Eucaliptus*

Material	Volume antes da briquetagem	Volume depois da briquetagem	Redução de volume
<i>Eucaliptus sp.</i>	125 cm ³	20,01 cm ³	83,99%
<i>Pinus sp.</i>	100 cm ³	18,95 cm ³	81,05%

Fonte: adaptado de Flores et al. (2009).

Esta redução do volume de serragem, além de reduzir o espaço de estocagem, ainda diminui os espaços vazios quando os briquetes estão empilhados em um caminhão, reduzindo o custo com transporte, levando maiores quantidades por viagem.

Pela exigência da baixa umidade e pela elevada densidade relativa aparente que o briquete apresenta, são menos higroscópicos e mais resistentes ao apodrecimento ou à fermentação do que os resíduos na condição natural (QUIRINO, 2004).

2.4 Mercado de briquetes

Eriksson e Prior (1990) comentaram que o Brasil apresenta condições favoráveis para o mercado de briquetes por uma combinação de fatores como altas concentrações localizadas de resíduos vegetais, especialmente na indústria madeireira, e na indústria agroalimentar, o que reduz os custos de coleta e de transporte e permite a instalação de plantas de briquetagem diretamente nas proximidades destas indústrias, forte demanda de combustíveis sólidos (lenha e carvão vegetal), como resultado de programas políticos de valorização dos recursos energéticos nacionais e restrições ambientais para a exploração de madeira.

Segundo Vale e Gentil (2008), com dados obtidos de setores como usineiros, revendedores e especialistas, afirmam que existem em torno de 60 usinas de briquetagem no Brasil, tanto para uso próprio na geração de energia como para comércio atacadista ou varejista, produzindo anualmente 450 mil toneladas de briquete de madeira e como preços variáveis de R\$ 150,00/ton a R\$ 400,00/ton.

Um estudo realizado por Filippetto (2008) frisou que o preço de venda do briquete varia em relação ao tipo de cliente, da quantidade encomendada e da distância da entrega. Em geral, as empresas entrevistadas pelo autor, vendem o briquete por preços de no mínimo R\$100,00/ton e um preço máximo de R\$420,00/ton. Retirando os extremos, a Figura 1 ilustra a oscilação dos preços entre R\$ 200,00 e R\$ 305,00 reais por tonelada no mercado interno.

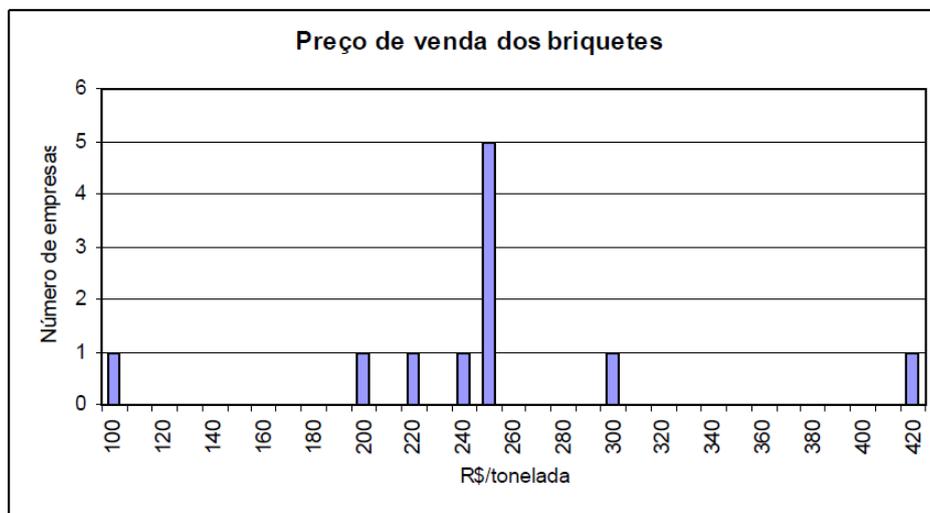


Figura 1 – Preço dos briquetes no mercado nacional

Fonte: Filippetto (2008).

Por ser um produto relativamente novo em termos comerciais, ainda não existem informações consolidadas de mercado, nem normas de especificações técnicas ou comerciais. Na compra do briquete os compradores baseiam na unidade volumétrica (m^3) ou mássica (toneladas), como ocorre com a lenha, e isto gera distorções em função da variação da densidade energética. Neste caso o preço é por metros cúbicos ou toneladas e não pelo agente principal do uso, que é a energia e assim o ideal seria o preço por unidade energética, $R\$.Kcal^{-1}$ (ZAKRISSON, 2002 apud VALE & GENTIL, 2008).

O frete de compra da matéria prima e o valor do frete de entrega do briquete contabilizam até 35% do valor final (THEK e OBERNBERGER, 2002). Isto significa que para as empresas madeireiras, que decidem briquetar seus resíduos, por terem matéria prima a custos reduzidos dentro da fábrica ou quando a usina de briquetagem está perto dos consumidores; são maiores as chances de sucesso na competição. Existem casos em que o briquete é vendido a distâncias de até 650 km, e ainda assim em condição de lucro e por outro lado existem casos de usinas que estão próximas ao cliente final, mas são obrigadas a buscar a matéria prima em distâncias de até 350 km, podendo ter seu negócio inviabilizado (VALE & GENTIL, 2008).

Porém, em relação ao mercado de briquetes, Silva (2008) afirmou que este sofre concorrências, principalmente do bagaço de cana em tempos de safra. Enfim, como todo ramo de atividade tem seus altos e baixos, mas de maneira geral, as Usinas de Reciclagem vem ganhando espaço no Brasil, pela cultura da população em consumir sem se preocupar com a degradação do meio.

2.5 Teoria dos custos de produção

Pindyck e Rubinfeld (2005) comentaram que, para a produção de um bem ou serviço, deve-se fazer uma análise de quais custos deve-se incluir como salários, aluguel, energia elétrica, e também de que forma se deve considerar o dinheiro que a empresa desprende durante um tempo com equipamentos ou com pesquisas e desenvolvimento, e não se pode recuperá-lo. Estes custos são chamados de custo de produção.

Custo de produção é a soma dos valores de todos os recursos (insumos), operações (serviços) e de capital (custo de oportunidade), utilizados durante a

produção de certo bem ou serviço. No caso do capital, pode se afirmar que custo de produção é uma compensação que os donos dos fatores de produção, utilizados por uma firma para produzir determinado bem, devem receber para que eles continuem fornecendo, nos médio e longo prazos, estes fatores à mesma (CANZIANI, 2009).

O mesmo autor ainda afirmou que o termo “compensação” é utilizado no conceito de custo de produção, pois em certos casos não ocorre o pagamento em dinheiro. Alguns itens que compõem o custo de produção não envolvem um desembolso de dinheiro, como por exemplo, o custo de depreciação (desgaste físico) de uma serra de fita, por exemplo.

Já Ferreira (2007) definiu custo de produção como a agregação de três termos. Custo dos materiais diretos (Inventário) são os custos dos materiais que eventualmente entrarão na constituição do produto final e que podem ser medidos e identificados facilmente (frete, taxas). Custo da mão-de-obra direta consiste no valor pago ao funcionário responsável de alguma forma pela transformação da matéria prima em produto (salário mais encargos). E custos indiretos de fabricação são todos os custos considerados parte do produto final, porém não poderão ser medidos e identificados especificamente para determinado produto como a energia elétrica utilizada no processo pelas máquinas, materiais auxiliares.

Alguns custos das empresas variam com o nível de produção, enquanto outros permanecem sem modificação mesmo que elas não estejam produzindo nada. Estes custos podem ser divididos em dois componentes, sendo eles o custo fixo, que não variam com o nível da produção e só podem ser eliminados se a empresa deixa de operar, e custos variáveis, que variam quando o nível da produção varia (PINDYCK e RUBINFELD, 2005). O mesmo autor ainda citou que o custo fixo só é totalmente eliminado pela empresa quando a mesma deixa de funcionar.

3 METODOLOGIA

O trabalho foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa foi abordada a caracterização da serragem gerada na serraria para verificar se a mesma apresenta condições prévias para a briquetagem. O material foi coletado no pátio da serraria e transportado até o Laboratório de Energia da Biomassa do Departamento de Engenharia Florestal (DEF) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), situado em Jerônimo Monteiro, ES, para realização dos ensaios.

Já a segunda etapa foi destinada ao cálculo dos custos de produção do briquete envolvendo custos fixos e variáveis da produção, incluindo investimento inicial, mão-de-obra, depreciação, impostos, energia elétrica, água e embalagem. Por fim, verificaram-se quais são as influências dos custos sobre cada etapa do projeto.

3.1 Área de Estudo

A coleta do material foi realizada na serraria do Complexo Agroindustrial Pindobas, localizado no distrito de Pindobas, situado a 8 km da sede do município de Venda Nova do Imigrante, região serrana do Estado do Espírito Santo (Figura 2).



Figura 2 – Mapa do Espírito Santo, em destaque o município de Venda Nova do Imigrante, onde está localizada a empresa.

Fonte: Adaptado de Wikipédia (2011).

As florestas, responsáveis pelo abastecimento da serraria, são todas de propriedade da empresa e estão situadas nos municípios de Venda Nova do Imigrante, Domingos Martins, Conceição do Castelo e Brejetuba, todas no Estado do Espírito Santo. Nos plantios de pinus são realizados desbastes nas idades de 9, 13, 17 e 21 anos. As florestas de eucalipto possuem árvores com idades de corte de 5, 7, 10, 15 e 20 anos.

Do total da matéria prima que entra no processo, de 85 a 90% são toras de *pinus*, e 10 a 15% toras de *eucalipto*. A produção da serraria, e conseqüentemente a geração de resíduos, é constante durante todo o ano, não ocorrendo variações no abastecimento da matéria prima.

A serraria é composta por duas linhas de produção. A linha I possui maquinário mais defasado em relação à linha II por ser mais antiga. Já a linha II conta com máquinas automatizadas ligadas através de esteiras e rolos. O fluxograma de ambas as linhas está ilustrado na Figuras 3.

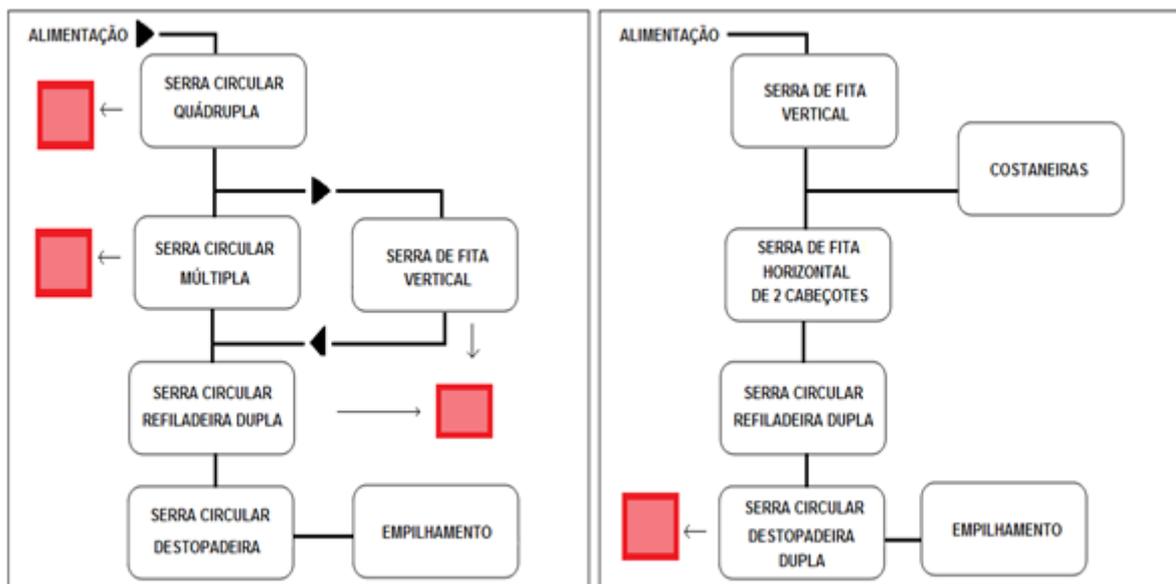


Figura 3 – Fluxograma das linhas I e II da Serraria Pindobas, respectivamente.

Fonte: Autor (2011)

Após entrarem na máquina principal da linha I, as toras são transformadas em duas costaneiras e um semi-bloco. Os semi-blocos seguem para uma serra circular múltipla para realizar a operação de resserragem enquanto as costaneiras passam por uma serra de fita vertical reaproveitando as mesmas. As peças geradas por

estas duas máquinas seguem para uma serra circular refiladeira para regularizar sua largura. Por fim, uma serra circular destopadeira garante as dimensões finais do produto.

Na linha II, as peças geradas no desdobro primário, realizado pela serra de fita vertical, são divididas em costaneiras e semi-blocos. Os semi-blocos continuam no processo seguindo pela serra de fita horizontal de dois cabeçotes, já as costaneiras são depositadas ao lado da máquina até que o lote de toras termine de ser desdobrado para então as mesmas voltarem para a linha e realizar o desdobro secundário também na serra de fita horizontal de dois cabeçotes.

Os quadrados de cor vermelha na Figura 3 representam as caixas onde são depositados os resíduos gerados nas operações. Dois tratores são responsáveis por mover estas caixas quando estão cheias até uma pilha de serragem afastada das linhas para depositar os resíduos. Em seguida, volta com a caixa vazia para seu lugar.

3.2 Quantificação da serragem

Foi realizado o acompanhamento do processamento das toras durante as 9 horas da jornada de trabalho, durante uma semana útil para quantificar os resíduos que são gerados nas linhas de produção da serraria. As toras de pinus e de eucalipto são desdobradas sem uma classificação por espécie, portanto as amostras de resíduos coletados para análises representaram uma mescla dessas madeiras.

Na linha I, as caixas em que a serragem era depositada foram cubadas e quantificadas para, em seguida, um trator transportá-las até uma pilha mais afastada da linha, retornando com a caixa vazia. Se a caixa não fosse totalmente preenchida ao final do turno era realizado a cubagem de acordo com o volume parcialmente preenchido da mesma.

Já na linha II, toda a serragem gerada era transportada por esteiras até uma caixa. Porém, como a linha estava passando por ajuste para a instalação do silo de armazenagem de cavaco e serragem, a quantidade gerada não era constante e, portanto apenas calcular o número de caixas não apresentaria um valor representativo para o dia.

Então, foi utilizado um método diferente da linha I para medir a quantidade de serragem gerada. Com uma caixa de dimensões conhecidas, foi retirado o tempo

gasto para encher a mesma durante dez repetições ao dia. Após descobrir o tempo médio gasto para preencher o volume conhecido, foi definido por meio de observação que, das nove horas disponíveis de operação plena, a linha II opera em aproximadamente seis horas. Por fim, de posse do tempo médio e do volume da caixa, estimou-se a quantidade gerada de serragem.

3.3 Caracterização da serragem

Foi coletada uma amostra composta para cada dia de coleta. As amostras foram identificadas e encaminhadas ao Laboratório de Energia da Biomassa do DEF/CCA/UFES, em Jerônimo Monteiro, ES.

3.3.1 Densidade a granel e umidade da serragem

Foram seguidas as informações contidas na Norma Regulamentadora Brasileira/NBR 6922 da Associação Brasileira de Normas Técnicas/ABNT (1981) para a determinação da densidade a granel. Neste método foi utilizada uma caixa com dimensões conhecidas e a serragem introduzida dentro desta para ser pesada. Portanto utilizou-se a relação entre a massa do material e o volume do recipiente para a determinação da densidade a granel.

Para a determinação da umidade, foram utilizados seis gramas de serragem para cada amostra sendo dispostas em estufa à temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ para secagem, até massa constante. Após a medição da massa seca foi determinada a umidade da serragem.

3.3.2 Teor de cinzas e extrativos da serragem

A determinação do teor de cinzas foi realizada conforme a ABCP M 11/77 (1997). Foram colocadas em um cadinho de porcelana cinco gramas secos de serragem. Em seguida, o cadinho foi levado à mufla a 575°C por aproximadamente seis horas. Os cadinhos foram dispostos no interior da mufla com uma tampa de porcelana. Após a carbonização das amostras, as tampas foram retiradas e os cadinhos permaneceram na mufla até a queima total das amostras, certificando que sobraram somente cinzas no fundo do cadinho.

O material utilizado para a determinação do teor de extrativos da serragem foi o que passou pela peneira de 40 mesh e ficou retido na de 60 mesh, sendo utilizado 2 gramas secos em 3 diferentes tipos de solvente. Inicialmente as amostras foram submetidas à extração em álcool tolueno por 5 horas. Em seguida, as mesmas amostras foram submetidas à extração em álcool por 4 horas, e por último foi realizada a extração em água quente por 1 hora. As amostras foram pesadas e o teor de extrativo pode ser determinado (ABCP M/68).

3.4 Cálculo do custo de produção

A empresa trabalha na condição FOB (Free On Board) onde não tem valores de frete incluso no produto, ou seja, o comprador deve se responsabilizar pelo transporte da mercadoria.

3.4.1 Custos Fixos

Foram considerados como custo fixo aqueles que não variam em função da quantidade produzida pela empresa (MARTINS, 2003).

Para instalação do sistema de briquetagem seria necessário à aquisição dos seguintes maquinários: Secador de tambor, para remoção da umidade presente na serragem, pois o processo de briquetagem requer resíduos com baixa umidade e uma briquetadeira (Lippel, modelo BL 95/210, capacidade de 1.500Kg/h), para a compactação da serragem.

Porém estes valores foram contabilizados como um custo de oportunidade, pois este valor poderia ser aplicado em uma ação que pudesse vir a ser mais lucrativo para a empresa. Portanto foi aplicada uma taxa de juros de 0,5% (Caixa Econômica Federal/CEF) sobre cada bem adquirido para o caso deste capital ser aplicado em uma poupança.

Para armazenagem dos briquetes e instalação o maquinário seria construído um galpão com 1000 m². O valor do metro quadrado usado no cálculo da construção do galpão foi de R\$402,43 (SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESPÍRITO SANTO/SINDICON, 2008).

a) Depreciação dos bens

Foi atribuído um custo de depreciação em função do desgaste do maquinário causado pelo uso contínuo, reparo provocado pelo desgaste e para atualização do sistema em função do aparecimento de máquinas mais modernas. O custo de depreciação foi calculado pela Equação 1 (MARTINS, 2003).

$$\text{Depreciação} = \frac{V_i - V_f}{n} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

V_i : valor inicial do bem, ou seja, valor pelo qual o bem foi adquirido;

V_f : valor final ou valor de sucata do bem;

n : número de períodos de vida útil do bem.

Para a briquetadeira e para o secador foi atribuído um valor de sucata sendo 10% do valor inicial e o tempo de depreciação de 15 anos. Já para o galpão, o valor de sucata foi considerado zero, pelo fato de não existir a possibilidade de vender uma estrutura física como esta. O tempo de depreciação atribuído foi de 30 anos.

b) Mão-de-obra, salários e encargos sociais

A determinação da mão-de-obra foi realizada com base em um estudo realizado por Farage (2009) onde está listada abaixo a quantidade de funcionários necessária para cada setor do processo.

- ✓ 4 funcionários para operar a briquetadeira (2 por turno);
- ✓ 4 funcionários para o setor de embalagem (2 por turno).

Não foram contratados operadores de carregadeira, pois a empresa já possui dois tratores que realizam a movimentação de produtos e matéria prima. Como a planta de briquetagem a ser instalada possui apenas uma briquetadeira e um secador, não há necessidade da contratação de um mecânico, visto que a empresa já possui funcionários desta categoria nas linhas da serraria.

A remuneração da mão-de-obra seria realizada com base no Sindicato dos Oficiais Marceneiros e Trabalhadores nas Indústrias Moveleiras do Estado do Espírito Santo (2011), em que a categoria de operador de briquetadeira está enquadrada como Oficial, com salário de R\$616,00 (seiscentos e dezesseis reais). Já para o setor de embalagem o salário é de R\$553,00 (quinhentos e cinquenta e três reais). Os encargos sociais sobre cada salário somam 36,8%.

3.4.2 Custos variáveis

Foram considerados custos variáveis aqueles que variam de acordo com a quantidade de briquetes produzida pela empresa (MARTINS, 2003).

a) Matéria prima e embalagem

O custo da matéria prima foi considerado um custo de oportunidade, pois seria um ganho que o proprietário teria se não investisse na tecnologia da briquetagem. A empresa vende a serragem pelo valor de R\$ 36,63 por tonelada.

Para embalar os briquetes foram adquiridos sacos de rafia com capacidade de 50 kg. Foi realizada uma pesquisa em sites de empresas produtoras de sacos e foi encontrado um valor de R\$ 0,70 por unidade.

b) Energia elétrica e água

O custo da energia consumida pela briquetadeira e pelo secador de tambor foi calculado de acordo com a tabela da EDP Escelsa, empresa fornecedora de energia elétrica, onde se avaliou o valor do KWh no município no qual se localiza a serraria. Segundo Gentil (2008), o consumo de energia para fabricar uma tonelada de briquete foi de 435 KWh. Também foi calculado o custo da iluminação do galpão da briquetadeira que necessita de iluminação artificial durante 4 horas do dia. O número de luminárias foi calculado pelo método de lumens (CREDER, 2007)

A água utilizada no sistema de resfriamento da briquetadeira foi fornecida pela empresa fornecedora de água na região (CESAN). Segundo Farage (2009), que utilizou a mesma briquetadeira em seu estudo, foi considerado um consumo médio de 250 litros por hora de operação da máquina.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Quantificação da serragem

Na Tabela 2, encontra-se o volume total de serragem gerado ao final de um dia de trabalho pela linha I.

Tabela 2 – Volume de serragem gerado por dia na linha I.

Caixa	Volume da caixa completa	Quantidade de caixas completas	Volume restante no término do dia	Volume total
1	2,66 m ³	9	-	23,94 m ³
2	6,10 m ³	4	4,79 m ³	29,19 m ³
3	2,76 m ³	3	1,38 m ³	9,66 m ³
TOTAL	-	-	-	62,79 m³

Fonte: Autor

Já na linha II, a caixa com volume de 0,064 m³, gasta um tempo médio de 167,4 segundos para ser preenchida, então, das 9 horas de um turno, considera-se 6 horas de trabalho real (21.600 segundos). Logo, o volume gerado foi de 8,27 m³.

Sendo assim, determinado o volume gerado em um dia, foi calculado o volume de serragem gerado em um mês útil, ou seja, 20 dias de operação da serraria (Tabela 3).

Tabela 3 – Volume mensal de serragem gerado nas duas linhas de produção

Linha	m ³ .dia ⁻¹	m ³ .mês ⁻¹	Percentual
I	62,79	1255,8	88,4
II	8,27	165,4	11,6
TOTAL	71,06	1421,2	100

Fonte: Autor

Como pode ser observado na Tabela 3, são gerados 1421,2 m³ de serragem por mês pelas duas linhas de produção sendo que 88,4% do total foram gerados na linha I. Este alto percentual na linha I pode ser explicado pela utilização de serras circulares tanto no desdobro primário, quanto na resserragem dos blocos, diferentemente da linha II que utiliza serras de fita para esta operação.

Vital (2008) afirmou que este tipo de serra tem a desvantagem de proporcionar grande geração de serragem. O fato da linha II estar passando por ajustes para instalação do silo vertical também pode ter contribuído para que a quantidade de toras desdobradas na linha II fosse inferior, contribuindo para a geração de uma menor quantidade de serragem.

Segundo a empresa Nacbriquetes (2011), é necessário possuir pelo menos 74 m³ por dia de serragem para viabilizar o processo. Como a linha II da serraria pode apresentar um valor maior do que o volume encontrado neste trabalho, verifica-se que a serraria possui quantidade de matéria prima necessária para produzir briquetes.

4.2 Caracterização da serragem

Na Tabela 4, encontram-se os valores obtidos para a densidade a granel (DA), umidade (U), teor de cinzas (TCz), e extrativos da serragem.

Tabela 4 – Valores para cada amostra de densidade a granel (DA), umidade (U), teor de cinzas (TCz), e extrativos.

Amostra	DA (kg.m ⁻³)	U (%)	TCz (%)	Extrativos (%)
1	274,31	44,0	0,46	6,26
2	270,38	47,0	0,46	5,39
3	288,75	43,4	0,42	5,81
4	270,13	45,5	0,47	5,35
5	262,31	42,4	0,36	4,81
MÉDIA	273,18	44,5	0,43	5,52

Fonte: Autor.

Como pode ser observado na Tabela 4, a serragem apresentou densidade a granel média de 273,15 kg.m⁻³. Valor semelhante ao encontrado em estudos realizados anteriormente por Quirino (2002), que apresentou um valor de 274 kg.m⁻³ para serragem e por Gentil (2008), que encontrou um valor para amostras de serragem das espécies de *Pinus caribaea*, maçaranduba e casca de algodão de 306 kg.m⁻³.

Os valores relativamente baixos de densidade a granel encontrados neste trabalho demonstram que a serragem apresenta-se adequada para a produção de briquetes, pois, segundo Quirino (2010), quanto menor for à densidade a granel do

resíduo, maior será o aumento do poder calorífico quando o material for compactado.

O valor médio de umidade encontrado neste estudo de 44,5% se apresentou próximo ao encontrado por Gentil (2008), de 43,8% e por Teixeira (2005), de 49%.

Porém, este alto valor encontrado para a umidade não apresenta características desejadas para produção de briquetes, pois, segundo Filippetto (2008), valores elevados de umidade podem provocar explosões durante a prensagem devido à formação de vapor. Gentil (2008) recomendou que a umidade deve estar entre 5 e 15%, sendo 8% o ótimo. Portanto é necessária a aquisição de um secador para retirada de umidade do material a ser compactado. Quirino (2000) ainda afirmou que a umidade reduz a quantidade de energia global durante a combustão da madeira, isto é, uma parte da energia contida nos resíduos é utilizada para aquecer e vaporizar esta umidade.

Para o teor de cinzas, foi encontrado um valor médio de 0,43%, sendo compatível com valores encontrados na literatura, Wander (2001) citou que “raramente as cinzas ultrapassam os 2%”. Pinheiro, Rendeiro e Pinho (2004) encontraram para a serragem de três espécies de *Pinus* um valor médio para o teor de cinzas de 0,64%.

Pode-se afirmar que a serragem gerada está adequada para geração de energia pelo fato de apresentar baixos teores de cinzas, pois Barcellos et al. (2005) comentaram que, quando a madeira é utilizada para produção de energia, as cinzas presentes podem formar incrustações nos equipamentos e tubulações, prejudicando o processo.

Para o teor de extrativos, encontrou-se um valor médio de 5,52%. Valor pouco inferior ao obtido por Santos (2008) de 7,62% que estudou cinco espécies lenhosas de cerrado, e por Moulin (2010) que encontrou um valor médio de 6,67% para maravalhas geradas em uma serraria. Klock, et al., (2005) comentaram que aproximadamente de 3 a 10% da madeira é constituída por extrativos, portanto o valor encontrado neste estudo está de acordo com a literatura. Sendo assim, a serragem está adequada para a produção de energia, pois segundo Pereira et al. (2000), alguns extrativos contribuem para o aumento do poder calorífico da madeira.

4.3 Avaliação dos custos de produção

Os 1421,2 m³ de serragem apresentaram densidade a granel média de 273,15 kg.m⁻³. Sendo assim, a empresa produz 387,98 toneladas por mês de serragem. Para compactar este material, a briquetadeira, com capacidade de produção de 1.500 kg/h, deve trabalhar durante 258 horas por mês, ou seja, 13 horas por dia. Portanto, a planta de briquetagem deve permanecer em funcionamento 4 horas a mais que o setor de corte da serraria por dia.

A produção de briquete é vendida por R\$300,00 por tonelada. Este preço foi estabelecido de acordo com as características da matéria prima que é briquetada em uma consulta a um funcionário da empresa fornecedora do maquinário, gerando para a empresa uma receita mensal de R\$ 116.394,00.

Na Tabela 5 estão os valores relativos ao custo de produção de briquetes por mês na serraria.

Tabela 5 –Custos operacionais por mês.

1. Custos Variáveis	Unid.	Valor Unitário	Quant.	Valor Real
Matéria prima	ton	R\$ 36,63	388	R\$ 14.212,44
Embalagem	saco	R\$ 0,70	7760	R\$ 5.432,00
Energia Elétrica (maq.)	KWh	R\$ 0,36	168771,3	R\$ 60.588,90
Energia Elétrica (Illum.)	KWh	R\$ 0,36	412,8	R\$ 148,20
Água	m ³	R\$ 6,15	97	R\$ 596,55
Subtotal				R\$ 80.978,08
2. Custos Fixos	Unid.	Valor unitário	Quant.	Valor Real
Briquetadeira (0,5%)	-	R\$ 250.000,00	1	R\$ 1.250,00
Secador (0,5%)	-	R\$ 350.000,00	1	R\$ 1.750,00
Galpão (0,5%)	m ²	R\$ 402,43	1000	R\$ 2.012,15
Depreciação	mês	R\$ 3.005,59	1	R\$ 3.005,59
Mão-de-obra	R\$	R\$ 1.169,00	4	R\$ 4.676,00
Encargos Sociais	R\$	R\$ 430,19	4	R\$ 1.720,77
Subtotal				R\$ 14.414,51
total				R\$ 95.392,59

Fonte: Autor.

Inicialmente, pode ser observado que a quantidade de energia consumida pelo maquinário, com destaque para o secador que, segundo Gentil (2008) representa 78% do consumo de energia de toda a planta de briquetagem, é o custo que representou maior contribuição no total. Portanto a empresa deve possuir uma

área para realizar uma pré-secagem do material, reduzindo o consumo de energia pelo secador em 15 a 20% que, segundo Mishra et al., (1995) é o ideal.

O alto valor do investimento com a compra das máquinas e a construção do galpão aumenta consideravelmente o tempo de retorno do capital do processo, pois o tempo para diluir os custos iniciais será elevado. Uma solução para reduzir os custos e tornar o projeto lucrativo mais rapidamente seria procurar por máquinas usadas que serão adquiridas por preços menores pelo fato destas máquinas possuírem pouca depreciação com o passar do tempo, pois são fabricadas basicamente com materiais duráveis.

Porém, após a diluição do investimento, o lucro com o projeto passa a ser elevado visto que os custos operacionais por mês da planta de briquetagem são menores quando comparado com a receita da empresa, sendo possível ainda aumentar a capacidade do setor de briquetagem utilizando também outros tipos de resíduos gerados no processamento das toras.

5 CONCLUSÕES

Ao final da realização deste trabalho, pode-se concluir que a serraria Pindobas está adequada para produzir briquetes, pois apresentou volume mínimo de serragem considerado satisfatório para realizar a briquetagem. Sua capacidade de produção de resíduos pode ser aumentada após o término da instalação do silo quando a linha II entrará em operação plena, aumentando o volume de serragem gerada por mês.

A serragem gerada nas linhas de produção também apresentou características apropriadas para a geração de energia como a densidade a granel relativamente baixa, reduzido teor de cinzas e elevado teor de extrativos. A umidade elevada encontrada nas amostras não foi considerada favorável para a geração de energia, porém, a instalação de um secador passa a oferecer à serragem uma condição desejável.

Foi observado que o custo de implantação de uma planta de briquetagem é elevado. Porém, o projeto demonstrou que os custos operacionais de uma planta são relativamente baixos sendo um projeto viável após o período de diluição dos gastos com investimento inicial. A secagem representou grande parcela nos custos e despesas da empresa, sendo necessária a pré-secagem da matéria prima para reduzir este valor.

Como sugestão para trabalhos futuros pode-se analisar a briquetagem de todos os tipos de resíduos gerados nas linhas de produção como as cascas, costaneiras, destopos, refugos, aumentando a produção de briquetes. Durante a visita ao município para a coleta de dados, foi observado o elevado número de serrarias na região, portanto também se pode utilizar como tema o desenvolvimento do projeto de uma central de coleta de resíduos, reduzindo o descarte inadequado de resíduos e gerando empregos na região.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário estatístico da Abraf 2011, ano base 2010**. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br>>. Acesso em: 8 abr. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6922**. Carvão vegetal – ensaios físicos determinação da massa específica (densidade à granel). Rio de Janeiro. 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL – ABTCP. **Normas técnicas**. São Paulo: ABTCP, 1977.

ABREU, P. H. F. **Formas de aproveitamento de resíduos da madeira**. 2007. 45p. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE – ABIMCI. **Fluxograma de produção da madeira serrada**.

L, D. C. et al. O estado-da-arte da qualidade da madeira Ed eucalipto para produção de energia: um enfoque nos tratamentos silviculturais. **Revista Biomassa & Energia**. 2005, v.12, n.2, p.141 – 158.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL – CEF. **Tarifa de Serviços Pessoa Física**. Disponível em: <http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/tabela_tarifas/pf_pj/Tabela_de_Tarifas_PF_24102011.pdf> Acesso em: 31 nov. 2011.

CANZIANI, J. R. F. **O cálculo e a análise do custo total de produção de produtos agrícolas para fins de gerenciamento e tomada de decisão. Exemplos para a cana-de-açúcar**. 2009. Disponível em:

<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAam8AC/teoria-custo-total-cana>> Acesso em: 12 mai. 2011.

CESAN. **Tabela de tarifas:** interior. Disponível em: <http://www.cesan.com.br/e107_files/downloads/tabela_tarifas.pdf>. Acesso em: 31 out. 2011.

CREDER, H. **Instalações elétricas**. Rio de Janeiro: LTC, 2007, 15ª ed.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistemas de produção**. Disponível em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto_2ed/Aspectos_Eucaliptocultura.htm> Acesso em: 6 mai 2011

ERIKSSON, S.; PRIOR, M. **The briquetting of agricultural wastes for fuel**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1990. Disponível em: <<http://www.gao.org/decprep/T0275E/T0275E99>> Acesso em: 3 mai. 2011.

FARAGE, R. M. P. **Aproveitamento dos resíduos lignocelulósicos gerados no Polo Moveleiro de Ubá para fins energéticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental, área de concentração em Meio Ambiente) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

FILIPPETO, D. **Briquetagem de resíduos vegetais: viabilidade técnico-econômica e potencial de mercado**. Dissertação (Mestrado em Planejamento em Sistemas Energéticos) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

FLORES, W. P. et al. Redução do volume de biomassa no processo de briquetagem. **Revista da Madeira**. Curitiba. n.121, p. 32-34, 2009.

GENTIL, L. V. B. **Tecnologia e economia do briquete de madeira**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Publicação EFL TD. Departamento de Engenharia Florestal. Universidades de Brasília. Brasília. DF, 195p. 2008.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Sistema de Informações de Madeiras Brasileiras**. Disponível em: <<http://www.ipt.br>> São Paulo, 1989.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H. E. Moore**. 2000. 291 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais, área de concentração em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

KLOCK, U. et. al. **Química da Madeira**. 3. Ed. Curitiba: UFPR, 2005, 86 p.

LIMA, E. G. de; SILVA, D. A. da; **Resíduos gerados em indústrias de móveis de madeira situados no pólo moveleiro de Arapongas – PR**. Revista Floresta, v.35, n. 1, jan./abr. p. 105-116. Curitiba, 2005.

MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. São Paulo: Atlas, 2003, 381 f.

MISHRA, S. K.; GROVER, P. D. Hardfacing of screw for wear resistance. In: International Workshop on Biomass Briquetting, 1. 1995. New Delhi. **Proceedings...** Bangkok: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1996.

MOULIN, J. C. **Avaliação energética da maravalha gerada em uma serraria no município de Jerônimo Monteiro/ES**. 2010. 30 f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira), Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

NACBRIQUETE. **Fabricação**: Como montar uma fábrica de briquetes? Disponível em: <<http://www.nacbriquetes.com.br/appendix.html>>. Acesso em: 28 out. 2011.

NAHUZ, M. A. R. **Atividades industriais com madeira de pinus – atualidades e desafios**. Disponível em:

<<http://www.ufsm.br/cepef/artigos/Atividades%20industriais%20com%20madeiras%20de%20Pinus.pdf>> Acesso em: 5 jun. 2011.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO – FAO. **El eucalipto em la repoblación forestal**. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Roma, 1981.

PAULA, L. E. R. e, et al. Avaliação de briquetes de resíduos de madeira. In: XIX CONGRESSO D PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 19., 2010. Lavras. **Anais...** Lavras: Instituto Brasileiro da Madeira e das Estruturas de Madeira, 2010.

PAULA, J. C. M. de, **Aproveitamento de resíduos de madeira para confecção de briquetes**. 2006. 37f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

PEREIRA, J. C. D. et al. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Pará, 2000.

PINHEIRO, G. F.; RENDEIRO, G.; PINHO, J. D. Resíduos do setor madeireiro: aproveitamento energético. **Renabio – Rede Nacional de Biomassa para Energia**. Viçosa, v.1, n.2, p. 199-208, 2004.

QUIRINO, W. F. **Briquetagem de Resíduos Ligno-celulósicos**. Laboratório de Produtos Florestais – LPF/IBAMA. Brasília, 2004. 10p.

QUIRINO, W. F. **Características de briquetes de carvão vegetal a seu comportamento na combustão**. Piracicaba, janeiro, 1991. 80p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). 1991

QUIRINO, W. F. **Utilização energética de resíduos vegetais**. Laboratório de produtos florestais LPF/IBAMA. Módulo do Curso “Capacitação de agentes multiplicadores em valorização da madeira e dos resíduos vegetais”, 2000.

SANTOS, I. D. **Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica e contração da madeira e nos rendimentos e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado**. 2008. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SILVA, J. Aproveitamento de resíduos na indústria moveleira. In: OLIVEIRA, J. T. da S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Ed). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III**. Jerônimo Monteiro: Suprema, 2008.

SILVA, J. C. A madeira de eucalipto como matéria-prima: mercados e oportunidades. In: OLIVEIRA, J. T. da S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Ed). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III**. Jerônimo Monteiro: Suprema, 2008.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO - SINDUSCON. **Custo Básico Unitário de Construção**. NBR 12.721:2006. Disponível em: <http://www.sinduscon-es.com.br/upload/cub_novembro2008.pdf> Acesso em: 28 out. 2011.

SINDICATO DOS OFICIAIS MARCENEIROS TRABALHADORES NAS INDÚSTRIAS MOVELEIRAS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO – SOMETIMES. **Convenção Coletiva do Trabalho**. Disponível em: <<http://www.somtimes.com.br/convencoes/convencao-coletiva-vitoria-20092011/#p>> Acesso em: 01 nov. 2011.

TEIXEIRA, M. G. **Aplicação dos conceitos da ecologia industrial para a produção de materiais ecológicos: o exemplo do resíduo de madeira**. 2005. 132 p. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias ambientais no Processo Produtivo) – Universidade Federal da Bahia, Salvador.

VALE, A. T do; GENTIL, L. V. Produção e uso energético de biomassa e resíduos agroflorestais. In: OLIVEIRA, J. T. da S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Ed). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III**. Jerônimo Monteiro: Suprema, 2008.

VIEIRA, R. S.; LIMA, J. T.; HEIN, P. R. G.; SILVA, J. R. M. Determinação do volume de serragem produzido durante o desdobro de toras de *Eucalyptus* e do coeficiente de expansão da serragem. In: **ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA**, São Pedro, 2006. Anais. São Pedro.

VIEIRA, R. S. **Pequenos objetos de madeira de eucalipto: possibilidade de aproveitamento de resíduo**. 2006. 99 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VITAL, B. R. **Planejamento e operação de serrarias**. Viçosa: UFV, 2008, 211p.

WANDER, P. R. **Utilização de resíduos de madeira e lenha como alternativas de energias renováveis para o desenvolvimento sustentável da região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul**. 2001, 106 f. Tese (Doutorado em Energia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.