

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JÉSSICA MACHADO SOARES

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE TRÊS DIFERENTES TIPOS DE CAVACOS
DE MADEIRA DO HÍBRIDO *Eucalyptus urophila* x *grandis***

CURITIBA

2016

JÉSSICA MACHADO SOARES

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE TRÊS DIFERENTES TIPOS DE CAVACOS
DE MADEIRA DO HÍBRIDO *Eucalyptus urophila x grandis***

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Dimas Agostinho da Silva

CURITIBA

2016

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida.

Ao professor Dimas pela orientação, que mesmo passando por momentos complicados sempre me concedeu espaço para esclarecer meus questionamentos.

A minha orientadora de estágio na empresa, Elaine Farias, pela paciência e ensinamento nesses meses de estágio.

A minha mãe pela incrível capacidade de me acalmar mesmo que por telefone; ao meu pai, por tornar possível a realização do curso e aos meus irmãos pelo apoio ao longo do curso.

Aos meus sobrinhos, Guilherme e Rafael, pelo amor incondicional.

Aos meus amigos do grupo KC, em especial, a Heloisa, Bruna e Gabriele, pela amizade e colaboração na realização deste trabalho.

Aos meus amigos Wally, Vinícius, Vitor, Natália e Luiz Eduardo pelo apoio em momentos difíceis.

RESUMO

A biomassa vem sendo utilizada como fonte de energia há séculos. Apesar de seu consumo ter caído ao longo dos anos, no Brasil a expectativa é que sua participação na matriz energética cresça em função do alto consumo, pelo fato de ser uma fonte de energia renovável de baixo custo. Em uma empresa que comercializa esse combustível, a análise de qualidade do mesmo é de importância fundamental para formação de preços e garantia de qualidade para os consumidores. O objetivo deste trabalho foi calcular o Índice de Valor Combustível (IVC) de três diferentes tipos de cavacos de madeira, sendo eles: cavaco de madeira com casca, cavaco de madeira sem casca e cavaco de madeira proveniente de serraria. Foram realizadas as análises de densidade, teor de umidade, teor de cinzas e poder calorífico, de acordo com normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O Índice de Valor Combustível é um parâmetro de medida de qualidade de combustíveis. Nesta pesquisa os resultados demonstraram que o combustível que apresentou maior IVC foi o cavaco sem casca, sendo 440 seu valor médio determinado, os cavacos de serraria e com casca obtiveram valores próximos, sendo 100 e 114 seus valores médios, respectivamente.

Palavras-chave: Índice de valor combustível. Cavaco. Biomassa.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVOS	8
3. REVISÃO DE LITERATURA	9
3.1 A BIOMASSA NO MUNDO	9
3.1.1 A biomassa no Brasil	10
3.2 PRODUÇÃO DE CAVACOS DE MADEIRA	12
3.4 <i>Eucalyptus urograndis</i>	17
3.5 ÍNDICE DE VALOR COMBUSTÍVEL	18
4. MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1 LOCAL	20
4.1.1 Fazenda Três Lagoas	20
4.1.2 Fazenda Represa	21
4.1.3 Serraria	21
4.1.4 Unidade de Produção de Biomassa	22
4.2 CARACTERÍSTICAS DOS CAVACOS	24
4.2.2 Características do cavaco sem casca	24
4.2.3 Características do cavaco com casca	25
4.2.4 Características do cavaco de serraria	26
4.3 METODOLOGIA	26
4.2.1 Teor de Umidade	27
4.2.2 Densidade Básica	28
4.2.3 Poder Calorífico	32
4.2.4 Índice de Valor Combustível	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
5.1 UMIDADE	33
5.2 DENSIDADE BÁSICA	35
5.3 TEOR DE CINZAS	36
5.4 PODER CALORÍFICO	38
5.5 ÍNDICE DE VALOR COMBUSTÍVEL	39
6. CONCLUSÕES	42
7. RECOMENDAÇÕES	43
REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

A biomassa vem sendo utilizada como fonte de energia há séculos, porém, com o desenvolvimento das indústrias e com o uso do petróleo, houve uma redução do consumo ao longo do tempo. Hoje, com a crescente preocupação com relação às mudanças climáticas, a busca por energias renováveis é cada dia maior, e então, seu uso voltou a crescer. O Brasil tem grande potencial para produção de florestas, devido à fácil adaptação de espécies florestais exóticas de rápido crescimento e maior aproveitamento dos plantios.

Biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia. Assim como a energia hidráulica e outras fontes renováveis, a biomassa é uma forma indireta de energia solar. A energia solar é convertida em energia química, através da fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos. (ANEEL, 2010, p.1)

Para Silva (2014) esse recurso pode ser encontrado de diversas maneiras na natureza, com diversos estudos para uso da bioenergia, aprimoramento de tecnologias e descobertas de novas fontes, a energia pode ser proveniente de florestas energéticas, agricultura e resíduos urbanos e industriais. (Informação Verbal)¹.

Um exemplo de energia proveniente de florestas energéticas são os cavacos de madeira que são largamente utilizados para geração de vapor em caldeiras, gerando uma energia limpa quando comparado a caldeiras que utilizam óleo, coque e derivados de petróleo em geral. Os cavacos de madeira podem ser provenientes de diferentes espécies florestais, assim como resíduos de serraria, cavaco reciclado que são provenientes de paletes de madeira, compensados, etc., cada um com diferentes particularidades, as quais influenciam em seu rendimento final. Um dos gêneros utilizados para produção dessa biomassa é o *Eucalyptus*, há uma diversidade de espécies, cada uma com suas características específicas, o que influencia na qualidade da madeira.

¹SILVA, D. A. **Aula de Bioenergia e Tecnologia Aplicada**. Curitiba, 2014. Aula.

Algumas das características utilizadas para medida da qualidade, são a densidade, a umidade, o poder calorífico, o teor de cinzas e a composição química da madeira.

Para uma empresa que faz o comércio de cavacos de madeira, há a necessidade de atestar a qualidade do produto, para satisfação dos clientes e confecção dos preços. Um parâmetro que pode ser utilizado para indicar a qualidade desse combustível é o Índice de Valor Combustível (IVC), que será o motivo de estudo desse trabalho. Este índice visa comparar três diferentes tipos de cavacos de madeira, os quais serão expostos ao longo do trabalho.

2. OBJETIVOS

Este trabalho visa analisar três diferentes tipos de cavacos comercializados por uma empresa no interior de São Paulo, com relação às diferentes características, que são: cavaco com casca, cavaco sem casca e cavacos provenientes de resíduos de serrarias (resíduos de costaneira e destopa), sendo este o objetivo geral.

O objetivo específico deste trabalho é analisar a qualidade dos cavacos de madeira, determinando a umidade, o teor de cinza, o poder calorífico superior e a densidade, para posteriormente servirem de subsídio para o cálculo do índice de valor combustível (IVC).

3. REVISÃO DE LITERATURA

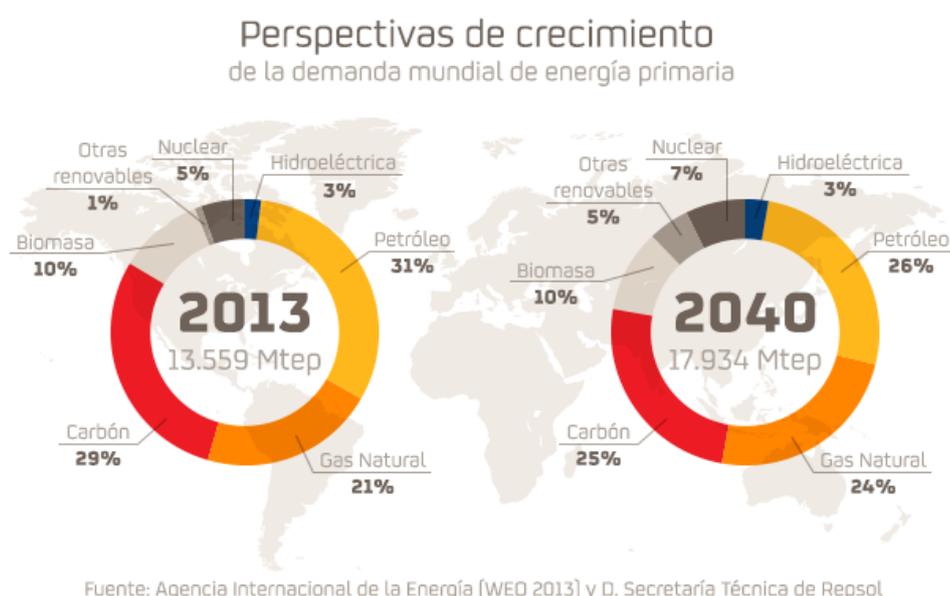
3.1 A BIOMASSA NO MUNDO

A biomassa vem sendo utilizada pelo homem há milhares de anos. Atualmente, com o aumento da poluição mundial, a busca por energias renováveis é cada vez maior e de grande interesse de pesquisadores. Foram firmados acordos para que a emissão de gases de efeito estufa seja reduzida em determinado período de tempo, como o protocolo de Quioto e a Convenção Quadro da ONU.

Entretanto, a matriz energética mundial ainda é dominada pelo petróleo, em um estudo publicado pela International Energy Agency (2014, p.5), destaca-se o crescimento do consumo de bioenergia, o relatório diz que “Graças às rápidas reduções de custos e ao apoio contínuo, as energias renováveis representam praticamente metade do aumento da geração total de eletricidade em 2040, enquanto a utilização dos biocombustíveis aumenta mais do triplo, a 4,6 mb/d, e a utilização de energias renováveis para a produção de calor cresce mais do dobro.”

O aumento da participação de energias renováveis na matriz energética mundial é uma realidade, como podemos ver no gráfico a seguir apresentado pela REPSOL com dados da AIE, Agência Internacional de Energia.

FIGURA 1 – PERSPECTIVAS DE CRESCIMENTO DA DEMANDA DE ENERGIA



FONTE: Modificada de WEO (2015)

Pode-se observar no gráfico que a participação do petróleo na matriz energética mundial foi de 31% em 2013 e tende a diminuir para 26% até 2040, isso se dá pela maior participação de energias renováveis na matriz energética mundial, o gás natural sobe a participação em 3% e outras energias renováveis em 4%, nessa categoria se encaixam energias provenientes da energia eólica, solar e outras.

Em uma matéria publicada pelo New York Times (2009) com o título de “Is nuclear power renewable?” se discute sobre a energia nuclear ser ou não uma energia renovável. Por um lado as usinas nucleares geram muito resíduo e oferecem risco à sociedade, porém, é uma energia limpa em relação à emissão de GEE (Gases Efeito Estufa) que é muito baixa ou inexistente. A Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA) é irredutível em afirmar que a energia nuclear não é uma energia renovável.

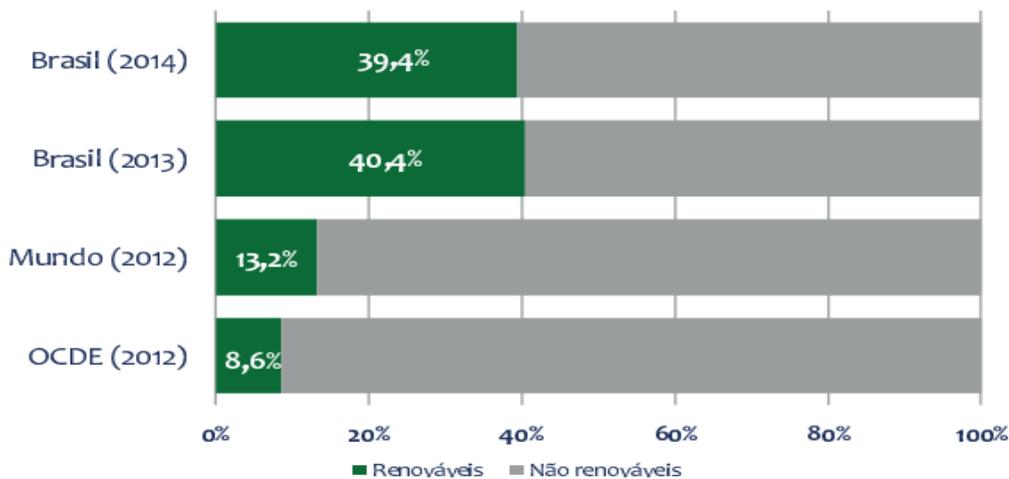
3.1.1 A biomassa no Brasil

A matriz energética brasileira difere da mundial pela participação expressiva de energias provenientes de fontes renováveis.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, (2014, não p.) “O Brasil possui a matriz energética mais renovável do mundo industrializado com 45,3% de sua produção proveniente de fontes como recursos hídricos, biomassa e etanol, além das energias eólica e solar”. A capacidade de geração dessas energias se dá pelas características do país, o qual possui grandes áreas com condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento e uso de fontes renováveis.

Segundo o relatório de 2015 da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a participação de energia de fontes renováveis no Brasil é muito elevada comparada a mundial, com a participação de 39,4% em 2014, como é demonstrado no gráfico abaixo (EPE, 2014, p.15).

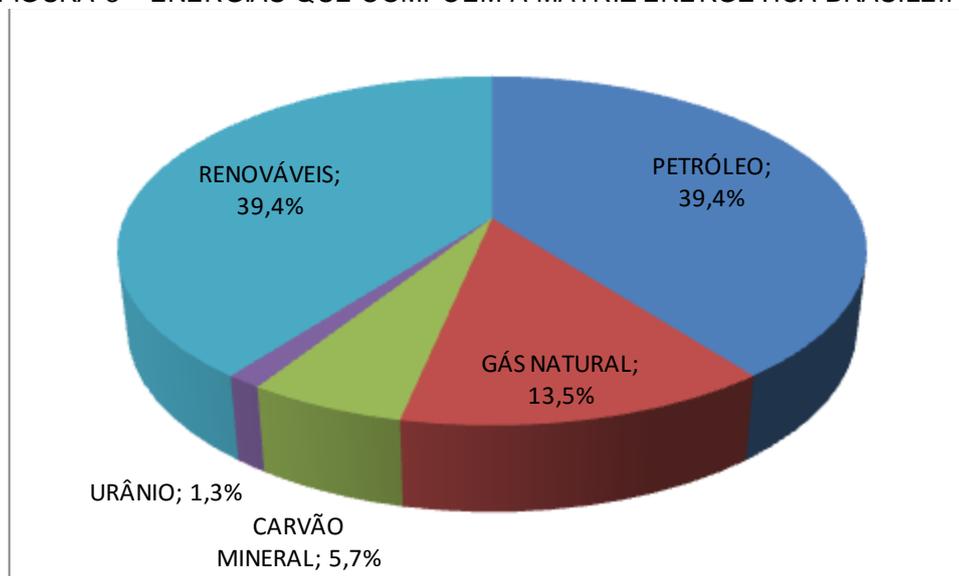
FIGURA 2 – PARTICIPAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA



FONTE: EPE, (2014).

As outras fontes de energia que compõe a matriz nacional estão demonstradas no gráfico abaixo, nota-se o que o petróleo e seus derivados se igualam as energias renováveis, das renováveis fazem parte: biomassa de cana com 15,7%, hidráulica 11,5%, lenha e carvão vegetal 8,1% e outras renováveis com 4,1%.

FIGURA 3 – ENERGIAS QUE COMPÕEM A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA



FONTE: Adaptado de EPE, (2014).

O maior consumo de energia fica com a indústria e o setor de transportes, com 32,9% e 32,5% respectivamente EPE, (2015, p.15) o que mostra que a biomassa pode contribuir positivamente para o crescimento do uso de energias renováveis no setor industrial.

Em relação às emissões de poluentes atmosféricos, o carvão é o que lança no ar a maior quantidade de CO₂, além de NO_x, SO_x, particulados e HPA. Para o óleo diesel dá-se destaque para os particulados e NO_x, além de SO_x, CO, HC. O gás natural é o combustível fóssil que apresenta a mais baixa emissão de CO₂, porém destacam-se as emissões de NO_x. E a biomassa apesar de emitir quantidade de CO₂, apresenta a vantagem de promover a recaptura desse carbono por meio da fotossíntese (BRAUN, APPEL e SCHMAL, 2003; CARVALHO, 2006; MONTEIRO et al, 2004 citado por RUDNIAK; SCHIRMER, 2009, p.2).

Então, como informado no parágrafo anterior, o uso de biomassa de madeira pode contribuir como energia limpa não tanto pela redução da emissão de gases, mas sim pela compensação no sentido de fixação de carbono, isso torna o balanço positivo quando comparadas a empresas que utilizam o petróleo e derivados em seu processo industrial.

3.2 PRODUÇÃO DE CAVACOS DE MADEIRA

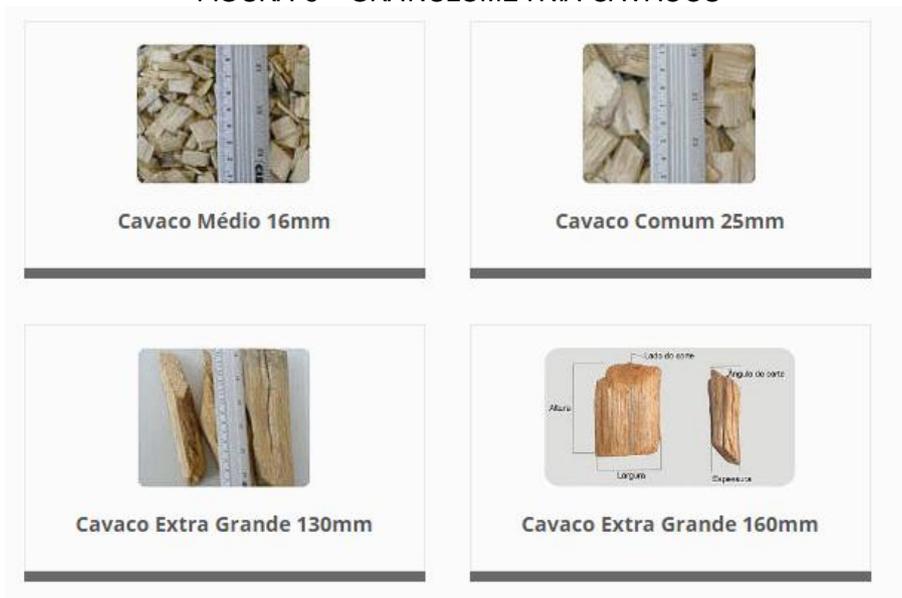
O cavaco é proveniente do processo de picagem da madeira, tem tamanhos que variam de acordo com o ajuste do picador, o processo, e ainda as características da madeira picada. Além do processo de picar toras de madeira o cavaco pode ser proveniente de resíduos de serrarias ou unidades de beneficiamento de madeira. A granulometria dos cavacos pode influenciar na produtividade das caldeiras, visto que cada caldeira tem suas “exigências” específicas de tamanho. Na imagem abaixo, é apresentada a classificação dos cavacos pela sua granulometria, de acordo com a Lippel.

FIGURA 4 – GRANULOMETRIA CAVACOS



FONTE: Lippel, (2014)

FIGURA 5 – GRANULOMETRIA CAVACOS



FONTE: Lippel, (2014)

No processo de picagem dos cavacos de madeira, em alguns casos é exigida a passagem dos cavacos picados por uma peneira, que faz a separação dos diferentes tamanhos, abaixo uma tabela com uma classificação dos tamanhos.

FIGURA 6 – CLASSIFICAÇÃO DE TAMANHOS DE CAVACOS

Especificação do tamanho e distribuição das partículas de cavaco de madeira			
Classe de tamanho	Fração Principal (>80% do peso)	Fração de finos (<5% do peso)	Fração grosseira Máximo tamanho de partículas
P16	3.15 mm < T < 16 mm	< 1 mm	Max. 1% > 45 mm, todos < 85 mm
P25	3.15 mm < T < 16 mm	< 1 mm	Max 1% > 45 mm
P45	3.15 mm < T < 45 mm	< 1 mm	Max 1% > 63 mm
P63	3.15 mm < T < 63 mm	< 1 mm	Max 1% > 100 mm
P100	3.15 mm < T < 100 mm	< 1 mm	Max 1% > 200 mm

FONTE: Lippel, (2014).

Como indicado na tabela, existem diferentes classes de tamanho, a granulometria principal tem que ser maior que 80% do peso e a fração de finos não pode ser maior que 5% do peso.

Os cavacos de madeira passam pelo processo de picagem, são depositados em pilhas que podem ser estocadas ou carregadas logo em seguida para entrega aos consumidores.

FIGURA 7 – PICADOR DE MADEIRA



FONTE: A autora, (2016).

Quando os cavacos de madeira passam por peneiras, são classificados em: cavacos finos, grossos e over. A determinação que cada granulometria ocupa em uma carga ou pilha de cavaco de madeira é feita através de análises laboratoriais.

Em 2016 foi feita uma análise feita em laboratório da UFSCar, a qual mostra as classes granulométricas para os cavacos de madeira que passam pela peneira utilizada pela empresa, a norma utilizada para determinação foi a ASTM D293, da American Society for Testing & Materials de 2010.

As análises foram feitas para cavacos normais (sem peneirar) e cavaco peneirado, os resultados encontrados dizem que os cavacos normais, possuem em sua maioria cavacos de 19,5 e 12,5 mm. Os cavacos peneirados possuem 12,5 e 6,3mm, estes resultados podem ser encontrados nas imagens abaixo.

FIGURA 8 – TABELA DE GRANULOMETRIA
Material: cavaco normal

Abertura (mm)		Massa (g)	% Retido	% acumulado
25	1 in.	33,34 ($\pm 3,15$)	16,73	16,73
19,5	$\frac{3}{4}$ in.	73,17 ($\pm 10,14$)	36,73	53,46
12,5	$\frac{1}{2}$ in.	43,71 ($\pm 2,26$)	21,94	75,40
6,3	$\frac{1}{4}$ in.	39,42 ($\pm 4,39$)	19,79	95,19
4	Nº5	6,81 ($\pm 2,3$)	3,42	98,61
Fundo		2,78 ($\pm 0,83$)	1,39	100,00

FONTE: Laboratório de Biomassa e Bioenergia UFSCar, (2016).

FIGURA 9 – TABELA DE GRANULOMETRIA
Material: cavaco peneirado

Abertura (mm)	Abertura (mesh)	Massa (g)	% Retido	% acumulado
19,5mm	$\frac{3}{4}$ in.	47,61 ($\pm 10,01$)	19,16	19,16
12,5mm	$\frac{1}{2}$ in.	54,83 ($\pm 9,86$)	30,68	49,84
6,3mm	$\frac{1}{4}$ in.	71,41 ($\pm 5,12$)	36,05	85,89
4mm	Nº5	16,30 ($\pm 2,84$)	8,23	94,12
2mm	Nº10	8,90 ($\pm 0,93$)	4,50	98,62
Fundo		2,73 ($\pm 0,47$)	1,38	100,00

FONTE: Laboratório de Biomassa e Bioenergia UFSCar, (2016).

3.3 CARACTERÍSTICAS DO PICADOR

O picador utilizado para produção dos cavacos de madeira é da marca Bruno Industrial, modelo PBFT 380/600 x 1000, a produção deste picador em metro estereo é de 30 – 50 (st/h), 45 – 75 (m³/h) e 15 – 25 (ton/h). A altura máxima de corte para toras é de 380 mm e largura máxima 1000mm.

Este picador possui duas facas, 530 cv de potencia de motor, capacidade do tanque de combustível de 210 L, motor a diesel da MERCEDES – BENZ, o peso do picador é de 18 ton.

Como se pode notar na figura 8, este modelo chamado de “Forest King” é móvel, a velocidade de transporte não deve exceder 20 km/h para evitar danos ao picador, o local de operação deve ser o mais plano possível.

FIGURA 10 – PICADOR FOREST KING



FONTE: Bruno Industrial, (2016).

3.4 *Eucalyptus urograndis*

O *Eucalyptus urograndis* é um híbrido das espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophila*, chama-se híbrido o indivíduo que resulta do cruzamento de dois genitores de espécies, raças ou variedades diferentes. (MICHAELIS, 2009)

O gênero pertence à família Myrtaceae, o *Eucalyptus grandis* é originário da Austrália, tem de 20-40m de altura, árvore perenifólia e com casca pulverulenta, desprendendo-se em tiras longas, multiplica-se por sementes e estacas de plantas selecionadas, produz madeira marrom-rosada para construção e caixotaria. (LORENZI, 1949)

O *Eucalyptus urophila*, é originária do Timor Leste, atinge de 25-35m de altura, árvore perenifólia com tronco ereto e cilíndrico, revestido de casca grossa dotada de fissuras, a multiplicação é exclusivamente por sementes e seu uso é indicado para produção de madeira de alta qualidade e produção de polpa celulósica pelo rápido crescimento da espécie. (LORENZI, 1949)

O objetivo do cruzamento destas duas espécies é obter plantas com um bom crescimento, características do *E. grandis* e um leve aumento na densidade da madeira e melhorias no rendimento e propriedades físicas da celulose, características do *E. urophylla*. A rusticidade, propriedades da madeira e resistência ao déficit hídrico do *E. urophylla* também fazem parte deste interesse no cruzamento de *E. grandis* e *E. urophylla* (AGROTECA TANABI¹, 2008, citado por BRAGA, 2008).

Segundo Montanari, o *Eucalyptus urograndis* apresenta boas características quanto à adaptação aos diferentes sítios florestais e, além disso, é mais produtivo e/ou apresenta melhor característica da madeira. (MONTANARI et al., 2007, p. 2).

FIGURA 11 – PLANTIO *Eucalyptus urograndis*

FONTE: Farias, 2013.

3.5 ÍNDICE DE VALOR COMBUSTÍVEL

Em um trabalho escrito por Purohit & Nautiyal (1987, p.5), o Índice de Valor Combustível (IVC) foi criado, como se pode observar na explicação abaixo.

Para um combustível ideal, as características mais desejadas, dentre outras, são: alto poder calorífico, alta densidade da madeira, baixo teor de cinzas e baixo teor de umidade. Para uma comparação melhor das espécies estudadas no trabalho, foi criado um índice, que foi elaborado levando em conta o poder calorífico e densidade da madeira como características positivas e teor de cinzas e umidade como características negativas. Assim, o índice de valor combustível (IVC).

$$IVC = \frac{PCS * Db}{TC * TU}$$

Onde:

- IVC= Índice de Valor Combustível
- PCS = Poder Calorífico Superior (KJ/g)
- Db= Densidade (g/cm³)
- TC= Teor de cinzas (%)
- TU= Teor de Umidade (%)

No trabalho descrito acima foram comparadas espécies diferentes, nesse serão comparadas 3 diferentes características da biomassa para efeito de classificação de qualidade.

De acordo com (RAMOS, 2007, p.67), a Índia e continente Africano são as regiões que encerram a maior parte dos trabalhos que analisam as propriedades físicas das espécies empregadas com lenha, no entanto existem poucos trabalhos que associem essas propriedades a preferência da população por determinadas espécies, apesar de saber que a escolha de espécies está intimamente ligada.

Mayer (2016) discorre sobre o efeito das variáveis no índice por meio do cálculo de contraste.

O FVI está sujeito a muitas variações, pois sofre influência de todas as variáveis que compõe seu cálculo. O poder calorífico superior, a densidade básica da madeira e o teor de cinza são intrínsecos às espécies e não podem ser manipulados, o teor de umidade é a única variável que pode ser controlada, quanto mais seco estiver o material, melhor será o valor do índice de valor combustível (Mayer, 2016, p. 58).

Não foram encontrados trabalhos com comparações de cavacos de madeira, então, os valores encontrados neste trabalho serão comparados com o material existente em literatura, que são para diferentes espécies.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

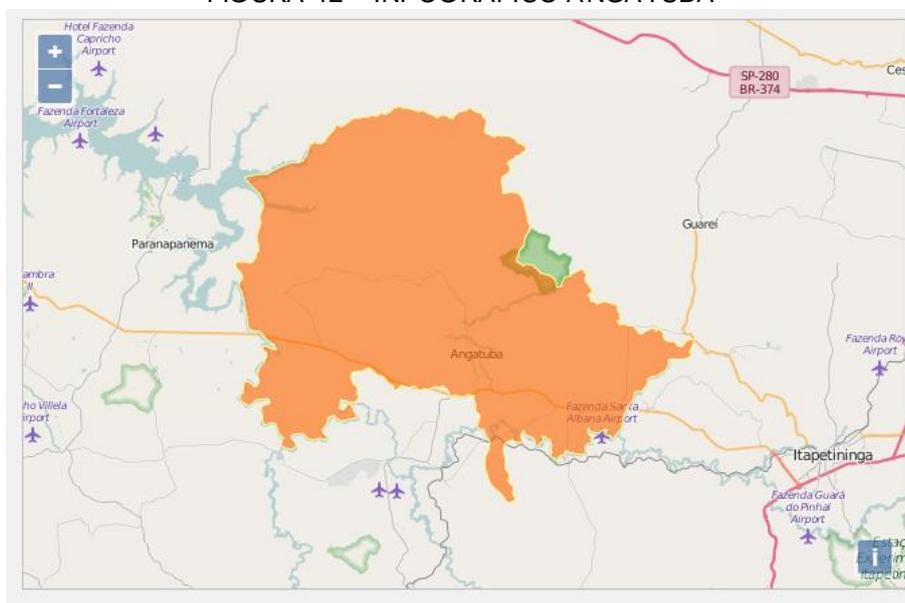
4.1 LOCAL

As toras para transformação em cavaco foram provenientes de 2 fazendas diferentes, uma localizada no município de Angatuba e outra no município de Itatinga, os materiais foram picados no município de Tatuí, todas as cidades pertencem ao interior de São Paulo.

4.1.1 Fazenda Três Lagoas

Essa fazenda é localizada no município de Angatuba, o qual, segundo o IBGE (2010), possui uma área de 1.027,258 km², população de 22.210 habitantes e pertence ao bioma Cerrado e Mata Atlântica, abaixo se pode observar um infográfico da cidade.

FIGURA 12 – INFOGRÁFICO ANGATUBA



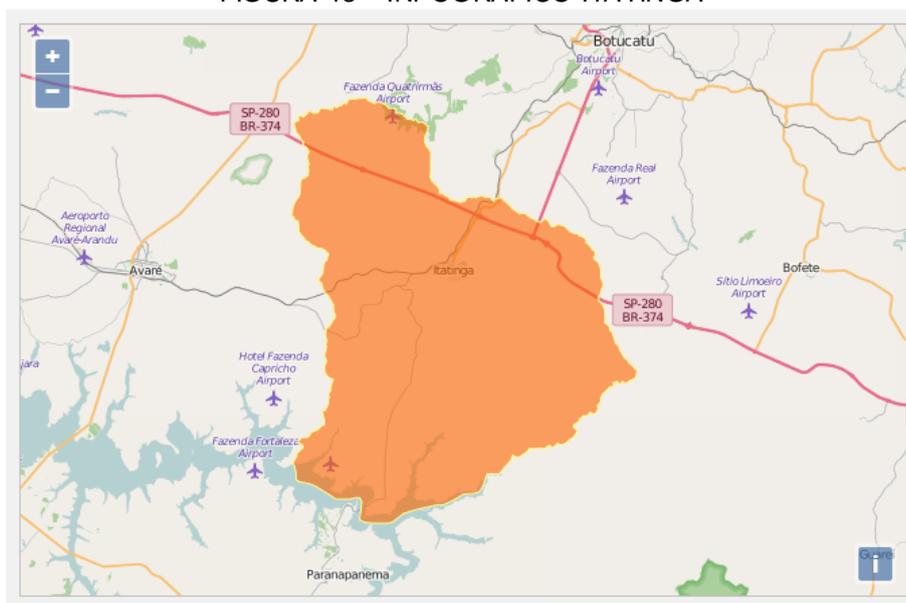
FONTE: IBGE, (2016).

O clima de Angatuba é Cwa, segundo a classificação de Koppen, citado por GOMES (2009, p. 37), o solo, segundo a EMBRAPA, citado por GOMES (2009, p. 37), é o neossolo quartzarênico, a precipitação média anual é de 1282,2 mm, a temperatura média anual fica em torno de 20,9°C. (PLANO municipal de saneamento, 2013, p. 8)

4.1.2 Fazenda Represa

A fazenda Represa fica no município de Itatinga, que tem uma área de 979,817 km², população de 18052 habitantes e pertence ao bioma cerrado e mata atlântica, abaixo um infográfico da cidade. (IBGE, 2010).

FIGURA 13 – INFOGRÁFICO ITATINGA



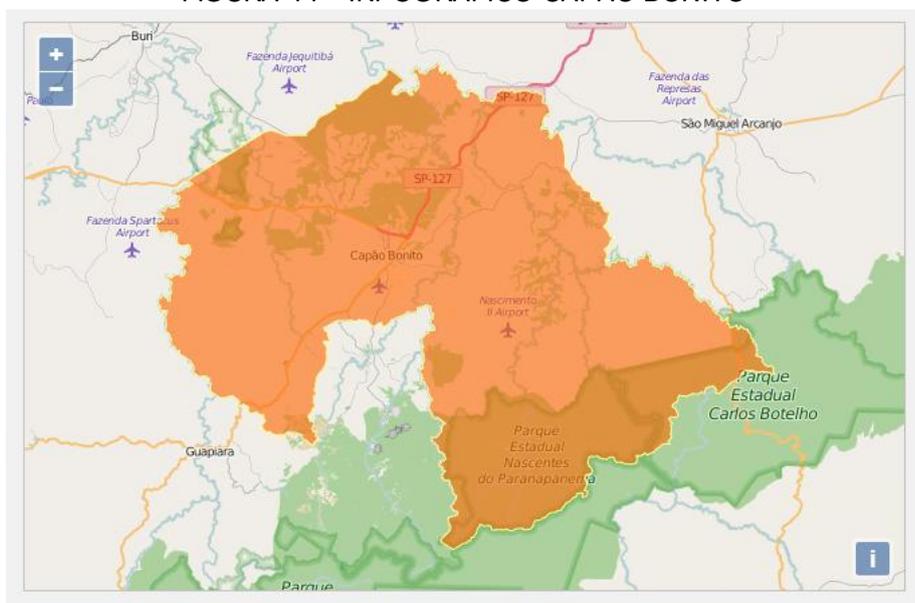
FONTE: IBGE, (2016).

O clima da cidade é Cwa segundo Koppen citado por Gomes, e o solo é Vermelho-Amarelo Distrófico de acordo com a EMBRAPA, citado por (GOMES, 2009, p.37). A precipitação média anual é de 1350 mm e a temperatura média anual é de 20°C. (ESALQ, [2016?]).

4.1.3 Serraria

A serraria onde foram coletadas as costaneiras e resíduos fica no município de Capão Bonito, que tem 46178 habitantes, contando com uma área de 1640,229 km² e pertencendo ao bioma Cerrado e Mata Atlântica (IBGE, 2010). O clima segundo Koppen é Cfa, temperatura média anual de 18,8°C e a média de precipitação é de 1628 mm, abaixo o infográfico da cidade. (CLIMATE, [2016?]).

FIGURA 14 – INFOGRÁFICO CAPÃO BONITO

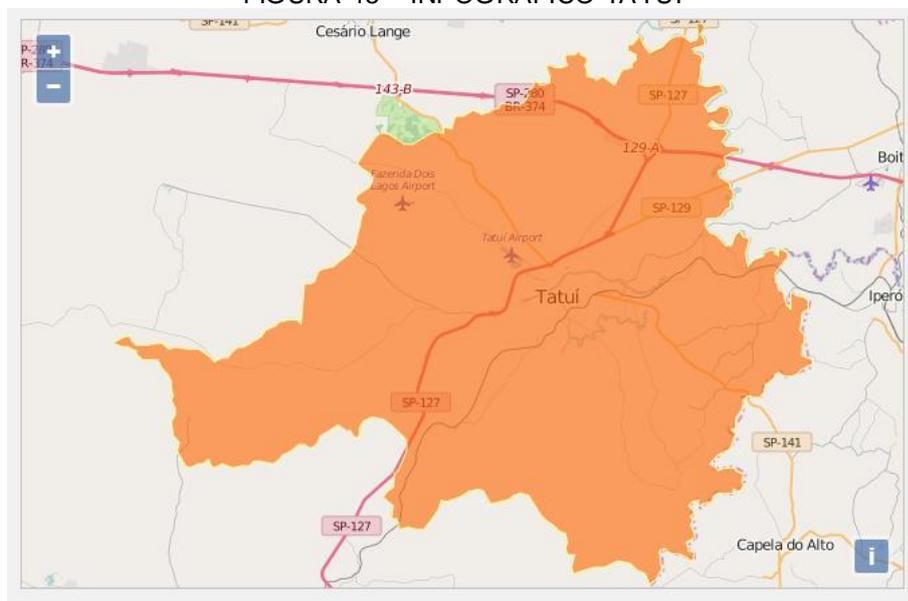


FONTE: IBGE, (2016).

4.1.4 Unidade de Produção de Biomassa

A unidade de produção e distribuição dos cavacos fica no município de Tatuí, a área do município é de 523,749 km², com 107.326 habitantes e pertence ao bioma Mata Atlântica. (IBGE, 2010). O clima de Tatuí é Cfa, temperatura média anual de 19,4°C e precipitação média anual de 1176mm. (CLIMATE, [2016?]).

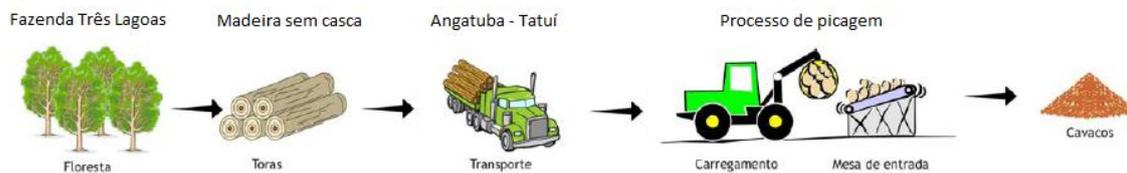
FIGURA 15 – INFOGRÁFICO TATUI



FONTE: IBGE, (2016).

4.1.5 Fluxograma de produção de cavacos

FIGURA 16 – FLUXOGRAMA CADEIA PRODUTIVA DE CAVACOS



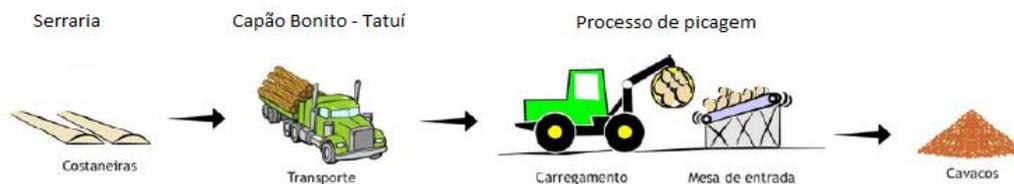
FONTE: Adaptado de ABIMCI, (2010).

FIGURA 17 – FLUXOGRAMA CADEIA PRODUTIVA DE CAVACOS



FONTE: Adaptado de ABIMCI, (2010).

FIGURA 18 – FLUXOGRAMA CADEIA PRODUTIVA DE CAVACOS



FONTE: Adaptado de ABIMCI, (2010).

As florestas são cortadas em suas respectivas fazendas e as toras ficam estocadas por tempo determinado, em seguida são transportadas para Unidade de Produção de Biomassa para transformação em cavacos de madeira e são carregados logo em seguida para distribuição aos clientes. O mesmo ocorre com a costaneira e resíduos da serraria, esse material que seria desprezado é levado para Unidade de Produção de Biomassa e transformado em cavaco.

4.2 CARACTERÍSTICAS DOS CAVACOS

Nesse trabalho vão ser estudados três diferentes tipos de cavacos, as características de cada um, vão ser mostradas separadamente em cada tópico a seguir.

4.2.2 Características do cavaco sem casca

O cavaco sem casca é proveniente de madeiras de eucalipto que passam pela colheita com a remoção das cascas (existe uma porcentagem admissível de casca que é pré-estabelecida na colheita), o cavaco sem casca pode ter um preço mais elevado pelos custos de produção, a colheita de madeira sem casca pode ser mais caro que a colheita de madeira com casca, além de muitas vezes ter que passar pela peneira após passar pelo picador, o que também eleva os custos de produção, a granulometria varia de acordo com a exigência do consumidor, que como mencionado anteriormente é diferente para cada tipo de caldeira.

FIGURA 19 – CAVACO SEM CASCA



FONTE: A autora, (2016).

4.2.3 Características do cavaco com casca

Esse tipo de cavaco não precisa passar pelo sistema de colheita em que acontece a retirada das cascas, o que pode deixar o custo de produção do cavaco mais barato, conseqüentemente o preço final de venda mais baixo, porém, a casca pode influenciar diretamente na qualidade da biomassa para queima, a influência da casca no poder calorífico será avaliada e comparada com o cavaco sem casca nesse trabalho.

FIGURA 20 – CAVACO COM CASCA



FONTE: A autora, (2016).

4.2.4 Características do cavaco de serraria

A biomassa proveniente da serraria é proveniente de resíduos que não teriam utilidade para fins industriais, eles podem vir de costaneira não útil, e resíduos de destopa, muitas vezes o cavaco proveniente de serraria tem umidade mais alta, pelo fato de que a madeira é serrada verde, então a costaneira tem a umidade mais elevada, e na hora da picagem, todos os resíduos são misturados, então essa biomassa tem a umidade mais alta e também possuem cascas.

FIGURA 21 – CAVACO DE SERRARIA

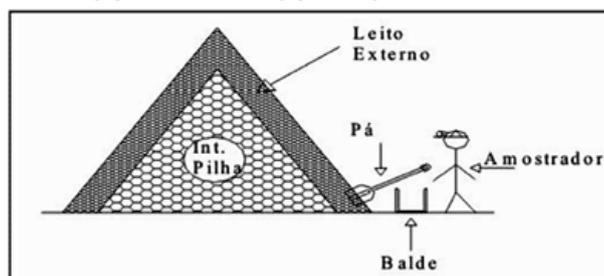


FONTE: A autora, (2016).

4.3 METODOLOGIA

A amostragem em pilhas pode ser uma das maiores dificuldades do processo de análises de materiais, como mostra na figura 22, o material retirado ao lado da pilha pode não representar o material do interior da pilha. A Associação Brasileira de Normas Técnicas possui uma norma específica para amostragem em pilhas, a NBR 10007 “Amostragem de resíduos sólidos”.

FIGURA 22 – AMOSTRAGEM DE PILHA



FONTE: Grigorieff et al., (2002).

Para este trabalho a coleta de amostras se deu da seguinte maneira: a pilha foi dividida visualmente em 2 alturas, e foram coletadas em 4 partes equidistantes cada.

As amostras foram coletadas na Unidade de produção de Biomassa, na cidade de Tatuí, foram identificadas por data, local de coleta, origem e tipo do material, como mostra a tabela abaixo, foram retiradas em torno de 5kg de amostra, para que houvesse material excedente caso fosse necessário.

TABELA 1 – TABELA DE IDENTIFICAÇÃO DE AMOSTRAS

Tipo:	
Data:	
Local:	
Origem:	

FONTE: A autora, (2016).

4.2.1 Teor de Umidade

A umidade foi determinada de acordo com a NBR 14929 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2003), foram pesados em torno de 200g de amostra, como mostra a figura 15, levados a estufa capaz de manter 105°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) para secagem, e feitas medições de peso até que esse não variasse 0,5g entre duas pesagens sucessivas, foram feitas 3 repetições. Após obter o peso seco, a fórmula usada para cálculo de umidade, de acordo com a (ABNT, 2003), se encontra a seguir.

$$U = \frac{m_{2-m_3}}{m_{2-m_1}} \times 100$$

Onde:

U= teor de umidade (%)

m_1 = massa do recipiente (g)

m_2 = massa recipiente com amostra úmida (g)

m_3 = massa recipiente com amostra seca (g)

FIGURA 23 – AMOSTRAS ÚMIDAS



FONTE: A autora, (2016).

4.2.2 Densidade Básica

A densidade foi determinada de acordo com a NBR 11941 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2002), pelo método de máximo teor de umidade, os cavacos coletados foram imersos em água em recipiente estanque, como na figura 17, e permaneceram durante cinco dias, até o ponto de saturação das fibras. Logo após disso foram pesados úmidos e colocados para secar em estufa com controle de temperatura ($103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), e pesados até atingir peso constante (não excedendo 0,5g em pesagens sucessivas), foram realizadas 3 repetições. A fórmula utilizada para cálculo da densidade foi a seguinte:

$$db = \frac{1}{\left(\frac{m_1}{m_2}\right) - 0,346}$$

Onde:

d_b = densidade (g/cm³)

m_1 = massa úmida (g)

m_2 = massa seca (g)

FIGURA 24 – CAVACOS IMERSOS EM ÁGUA



FONTE: A autora, (2016).

4.2.4 Teor de Cinzas

Para execução do teor de cinzas e poder calorífico há a necessidade de uma granulometria menor, os cavacos de madeira passaram por um moinho da marca IKA, apresentado na figura 25.

FIGURA 25 - MOINHO



FONTE: A autora, (2016).

Depois de moídos foram colados em Beckers marcados e acondicionados em estufa para secagem.

FIGURA 26 – AMOSTRAS DE CAVACOS



FONTE: A autora, (2016).

Para o cálculo do teor de cinzas são necessários cadinhos, mufla e balança analítica, os cadinhos são pesados antes de receber o material para saber sua tara. Depois de pesados os cadinhos eles recebem em torno de 3g de material e são levados a mufla, esses cadinhos ficam por 3 minutos lá dentro com aberta e 7 com a porta fechada, a uma temperatura de 900°C, faz se esse procedimento para o cálculo de materiais voláteis, como essa análise não é de interesse no trabalho, os cadinhos ficaram por mais 7 horas a uma temperatura de 525°C na mufla para análise do teor de cinzas, foram feitas 3 repetições. A seguir algumas imagens dos cadinhos e da mufla. Foi utilizada a NBR 8112 (ABNT, 1986).

$$TC = \frac{pc}{ps} * 100$$

Onde:

TC= Teor de cinzas (%)

pc= peso após mufla (g)

ps= peso seco (g)

FIGURA 27 – CADINHOS NA MUFLA



FONTE: Busaguera, 2016.

4.2.3 Poder Calorífico

Para cálculo de poder calorífico foi utilizada a norma NBR 8633 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (1984) utilizando-se uma bomba calorimétrica, modelo C5003, IKA.

FIGURA 28 – BOMBA CALORIMETRICA



FONTE: Busaguera, (2016).

4.2.4 Índice de Valor Combustível

O IVC foi calculado conforme a fórmula mostrada na revisão de literatura, levando em consideração todos os parâmetros anteriores para aplicação na fórmula.

$$IVC = \frac{PC * Db}{TC * TU}$$

Onde:

PC= Poder Calorífico Superior (KJ/g)

Db= Densidade (g/cm³)

TC= Teor de cinzas (%)

TU= Teor de Umidade (g/g)

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados serão apresentados em tópicos e gráficos para comparação dos 3 diferentes tipos de biomassa.

5.1 UMIDADE

Os valores obtidos para umidade de cada tipo de cavaco se encontram na tabela 2.

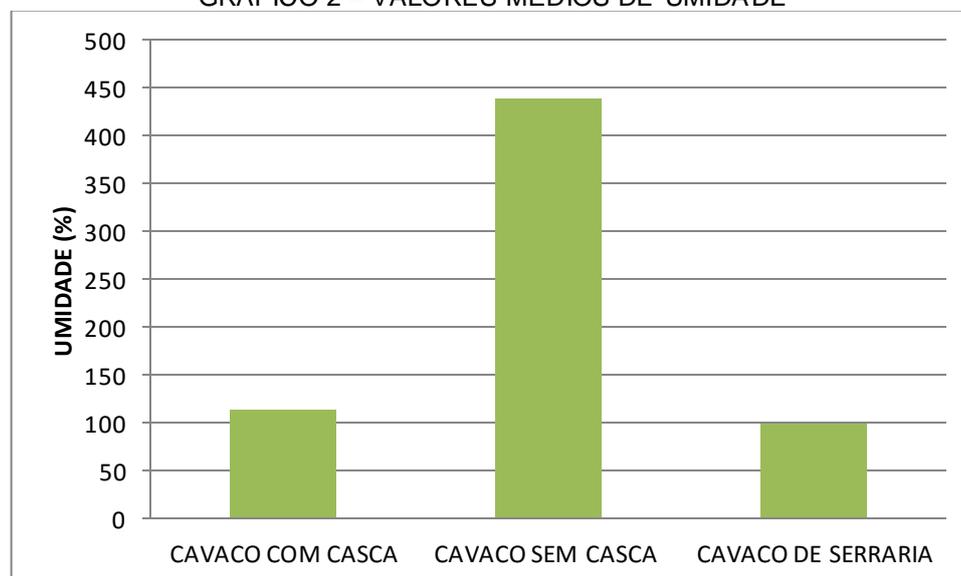
TABELA 2 – VALORES MÉDIOS DE UMIDADE

AMOSTRAS	UMIDADE (%)	DESVIO PADRÃO
Cavaco com Casca	28,70	2,35
Cavaco sem Casca	28,95	1,87
Cavaco de Serraria	42,01	0,87

FONTE: A autora, (2016).

Abaixo um gráfico com os valores de umidade para melhor visualização dos diferentes cavacos.

GRÁFICO 2 – VALORES MÉDIOS DE UMIDADE



FONTE: A autora, (2016).

Sabe-se que os valores de umidade variam de acordo com o tempo de secagem das toras de madeira, a madeira com casca foi cortada há 1 ano, e a madeira sem casca foi cortada há 7 meses.

Existem diversos fatores que podem influenciar na secagem de toras de madeira, são eles: espécie da madeira, teor de umidade inicial, direção de fibras, temperatura, umidade relativa do ar, dentre outros. Em estudos realizados com *Eucalyptus spp.*, verificaram-se que a madeira tende a atingir umidades constantes após a 21ª semana de corte. (Ferreira, Saraiva Fo e Fernandes, 1983 apud STEIN, 2003). As toras que secam rápido demais ou ficam muito tempo no campo depois de secas podem apresentar defeitos que afetam sua qualidade, rachaduras podem aparecer quando as toras secam rápido demais.

Para toras em processo de secagem, a região mais próxima à casca tende a contrair-se longitudinalmente enquanto as regiões central da tora, sob compressão, tende a expandir-se. Dessa maneira, as faces das extremidades das toras tendem à forma convexa e as rachaduras começam a se manifestar. As rachaduras não afetam de forma significativa a produção de cavacos de madeira, a não ser pelo aspecto visual dos cavacos de madeira. (GARCIA, 1995 apud LIMA, 2005).

Além do aspecto mencionado anteriormente, outro defeito chamado de encruamento pode afetar na produção de cavacos, segundo Galvão & Jankowsky, 1985, Rosso (2006 citado por REZENDE, 2009) uma secagem muito rápida e desuniforme nos estágios iniciais fará com as camadas superficiais atinjam rapidamente baixos valores de umidade, que ficam sob esforços de tração, enquanto a parte central ainda com umidade elevada, permanece sob esforços de compressão, afetando a movimentação de água das regiões internas para as mais externas da madeira. Isso afeta negativamente a produção de cavacos porque a parte interna das toras continua úmida, por isso é necessário um tempo determinado de secagem.

Nota-se nos resultados que a umidade dos cavacos de madeira está próxima ao ponto de saturação das fibras, após a derrubada das árvores o teor de umidade da madeira é alterado até que ela entre em equilíbrio com a atmosfera que a envolve. (WENGERT, 2005, citado por ZANUNCIO, 2013).

Sabe-se que a madeira é serrada verde e posteriormente passa pelo processo de secagem, quando já está na forma de tábuas, deste processo originam-se resíduos, que são resíduos de destopo e costaneira.

O material denominado como cavaco de serraria é proveniente destes resíduos, este material não foi estocado antes do processo de serragem, isso explica a umidade mais elevada para este tipo de cavaco.

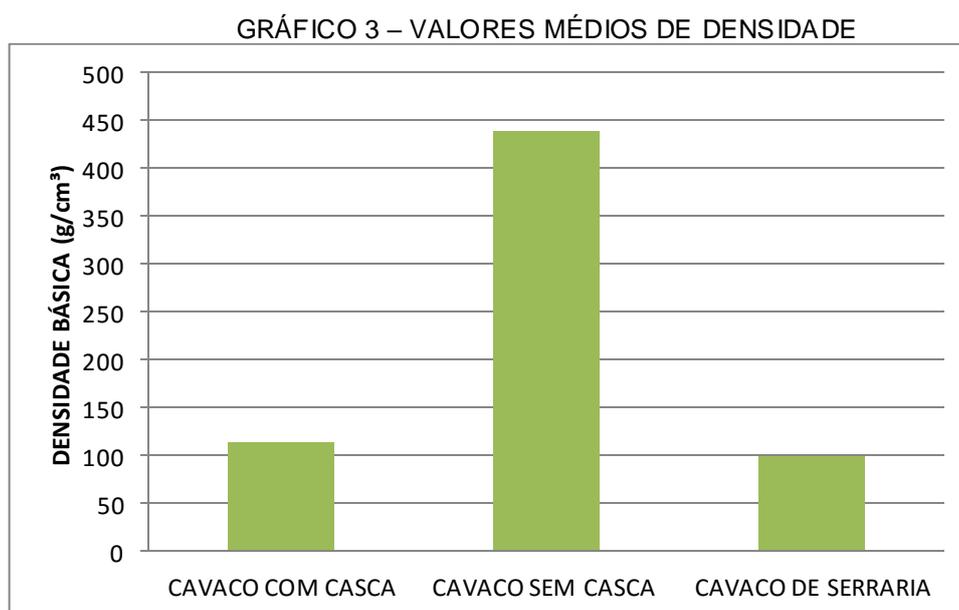
5.2 DENSIDADE BÁSICA

Os resultados obtidos para densidade básica se encontram na tabela e no gráfico abaixo.

TABELA 3 – VALORES MÉDIOS DE DENSIDADE

AMOSTRAS	Densidade (g/cm ³)	Desvio Padrão
Cavaco com Casca	0,579	0,013
Cavaco sem Casca	0,531	0,005
Cavaco de Serraria	0,458	0,017

FONTE: A autora, (2016).



FONTE: A autora, (2016).

Em um trabalho que estudou a variação da densidade de acordo com a região e o clone de *Eucalyptus urograndis*, os valores médios de densidade básica ficaram entre 0,44 e 0,47 g/cm³, os valores encontrados ficaram um pouco acima, porém, alguns clones estudados apresentaram valores próximos, entre 0,53 e 0,52 g/cm³. (BRASIL; VEIGA, 1994).

Santos (2011, p.224) diz que quando se degrada a madeira, cerca de 60% de sua massa é perdida, conseqüentemente, quanto maior a densidade da madeira, maior a massa de carvão vegetal produzido para um determinado volume, ou seja, é interessante que a madeira possua uma densidade elevada, uma das características melhoradas no clone *Eucalyptus urograndis* é elevação da densidade.

Trugilho et al. (2001 citado por SANTOS, 2011), estudaram o potencial energético da madeira de clones de eucalipto aos sete anos de idade, e encontraram valores para densidade básica variando de 0,52 a 0,59 g/cm³, nota-se que neste trabalho os valores estão próximos ao de Trugilho, visto que estes valores foram considerados potenciais para produzir energia, os valores encontrados neste trabalho podem ser considerados bons, especialmente o cavaco com casca.

Os materiais de melhor qualidade para uso energético são os que possuem maior densidade básica da madeira, que por sua vez aumenta com a idade (CASTRO et al., 2013 citado por MACHADO, 2014). A madeira com casca foi cortada aos 7 anos de idade e a madeira sem casca foi cortada aos 6 anos, isso pode explicar a pequena diferença entre a densidade dos dois tipos e cavaco de madeira, cujo o cavaco com casca ficou com um valor mais elevado do que o cavaco sem casca.

5.3 TEOR DE CINZAS

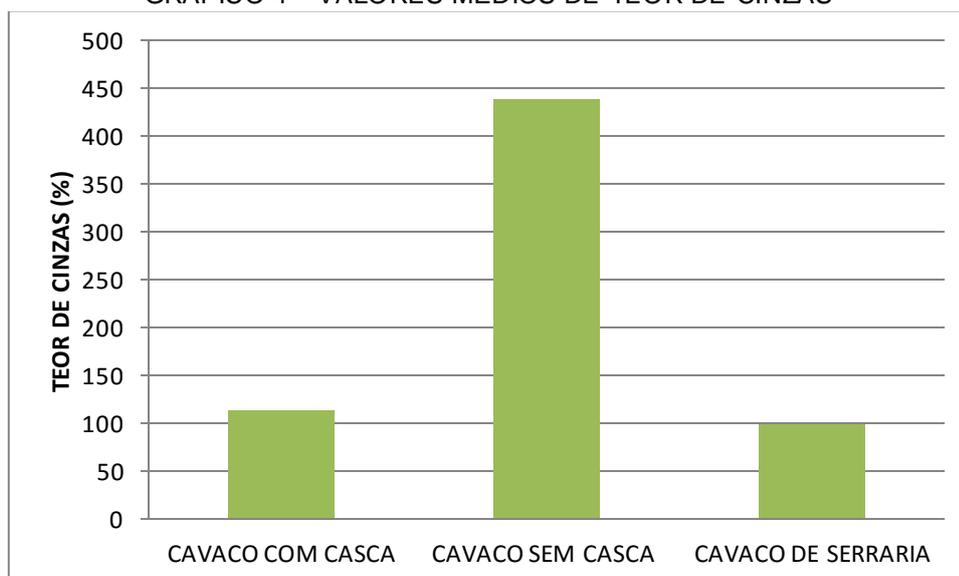
Os resultados obtidos para teor de cinzas se encontram nas tabelas e gráficos a seguir.

TABELA 4 – VALORES MÉDIOS DE TEOR DE CINZAS

AMOSTRA	TEOR DE CINZAS (%)	DESVIO PADRÃO
Cavaco Com Casca	0,77	0,14
Cavaco Sem Casca	0,19	0,03
Cavaco de Serraria	0,49	0,05

FONTE: A autora, (2016).

GRÁFICO 4 – VALORES MÉDIOS DE TEOR DE CINZAS



FONTE: A autora, (2016).

Nota-se que o cavaco com casca é o que possui o maior teor de cinzas, como citado por Brito e Barrichelo (1978) a casca possui maior teor de cinzas que a madeira, por isso, o cavaco com menor teor de cinzas é o cavaco sem casca, ainda neste trabalho feito por Brito e Barrichelo (1978), foram estudadas diferentes espécies de eucalyptus, os valores encontrados nesse trabalho estão próximos aos descritos por eles, que estão entre 0,30 e 0,52% somente para madeira e 6,4 e 1,32% para casca.

As cascas são consideradas materiais combustíveis de segunda qualidade, pois possuem mais umidade, são mais volumosas e possuem alto teor de cinzas, como podemos notar nesse trabalho, os cavacos de madeira que obtiveram maior teor de cinzas são os cavacos que possuem casca na sua composição. (FOELKEL, 2005, p. 29).

Segundo Foelkel (2005, p. 32) o teor de cinzas da casca é bastante alto. Isso porque a planta acumula minerais na forma de cristais nas células de parênquima, ou os está translocando livres ou adsorvidos na composição de constituintes da seiva orgânica, por isso é mais interessante que a casca da madeira seja deixada no campo, contribuindo com a nutrição do solo e não aumentando o teor de cinzas de materiais usados para energia.

A quantidade de cinzas extraídas pela casca das árvores é significativa e na maioria das vezes ligeiramente maior do que é extraído e exportado pela madeira do mesmo povoamento. (FOELKEL, 2005, p. 33)

5.4 PODER CALORÍFICO

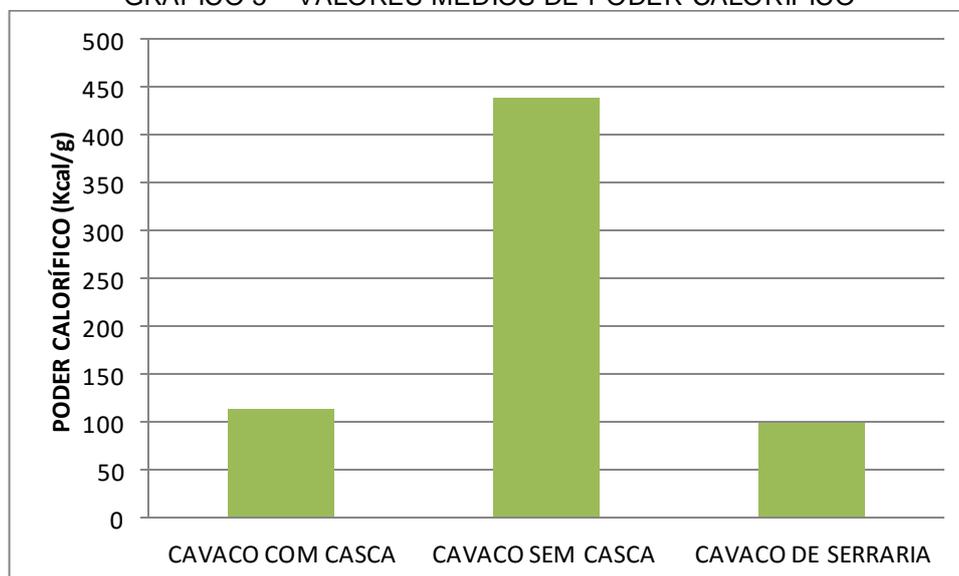
Os valores de poder calorífico se encontram na tabela a seguir, e para melhor visualização e comparação no gráfico 5, o maior valor foi o do cavaco sem casca.

TABELA 5 – VALORES MÉDIOS DE PODER CALORÍFICO

AMOSTRAS	PODER CALORÍFICO (Kcal/g)
Cavaco Com Casca	4402
Cavaco Sem Casca	4597
Cavaco de Serraria	4583

FONTE: A autora, (2016).

GRÁFICO 5 – VALORES MÉDIOS DE PODER CALORÍFICO



FONTE: A autora, (2016).

De acordo com Andrade et al. (2013, p.1), na região de Grajaú-MA, os valores médios de poder calorífico ficaram entre 4579,25 Kcal/Kg, nota-se que os valores ficaram próximos aos encontrados em literatura, sendo nesse trabalho, o cavaco sem casca o de maior valor.

Os cavacos com e sem casca são provenientes de toras estocadas no campo, sabe-se o conteúdo de umidade afeta diretamente o poder calorífico, a perda de massa e a quantidade de esporos de fungos, durante a estocagem. Por sua vez, o poder calorífico líquido e a perda de massa influenciam diretamente o conteúdo de energia do combustível, enquanto que os fungos podem causar, além da perda de massa seca, também problemas de saúde nas pessoas que atuam na manipulação do material. (THÖRNQVIST, 1984, citado por BRAND, 2007).

Sabe-se que materiais estocados podem ter aumento de poder calorífico, porém, se o material é estocado por um longo período de tempo o seu poder calorífico vai diminuindo. (NURMI, 1990, citado por BRAND, 2007).

O PC é mais alto quanto maior o teor de lignina e extrativos, porque os mesmos contêm menos oxigênio que os polissacarídeos. (QUEIROZ, et al. 2012, p.1). O poder calorífico pode atingir valores maiores para casca do que para madeira, CORDER (1976 citado por BRITO E BARRICHELO, 1978) cita uma variação do poder calorífico para madeiras não resinosas de 4000 a 4250 kcal/kg e para casca de 3700 a 4900 kcal/kg.

Neste trabalho o cavaco com casca foi o que apresentou menor poder calorífico, ou seja, a casca reduziu o poder calorífico do material estudado.

5.5 INDICE DE VALOR COMBUSTÍVEL

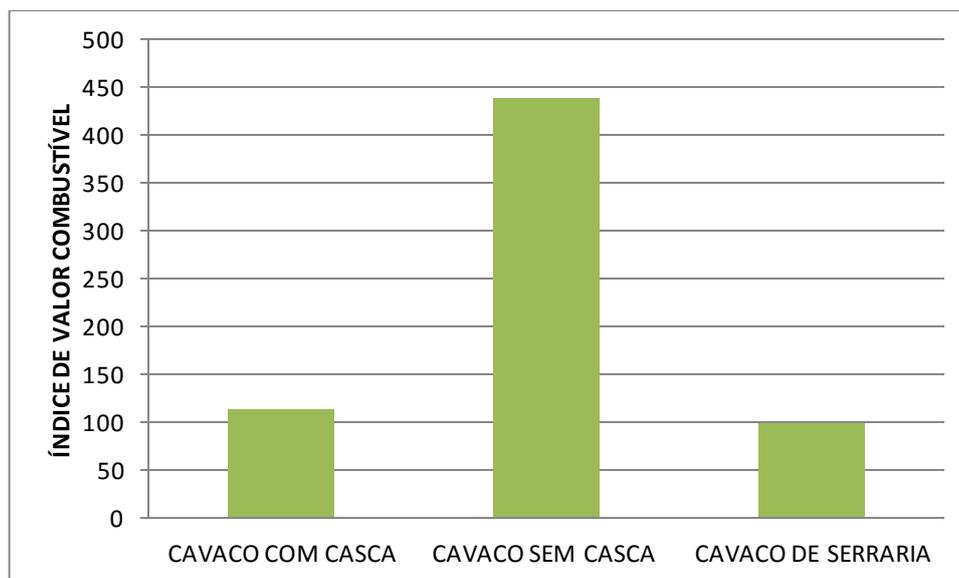
Com todos os resultados encontrados anteriormente, pode-se proceder com cálculo do índice de valor combustível (IVC). A tendência de que o cavaco sem casca apresentasse maior índice foi confirmada, os cavacos com casca e os provenientes de serraria apresentaram índices parecidos, sendo o cavaco de serraria o de valor mais baixo, os valores estão expostos na tabela 5.

TABELA 5 – VALORES MÉDIOS DE IVC

AMOSTRAS	IVC
Cavaco Com Casca	114,6
Cavaco Sem Casca	439,9
Cavaco de Serraria	100,0

FONTE: A autora, (2016).

GRÁFICO 5 – VALORES MÉDIOS DE IVC



FONTE: A autora, (2016).

O gráfico acima demonstra que o maior IVC encontrado foi o do cavaco sem casca, com valor de 439,97, mostrando que esse é o melhor combustível dentre os analisados, observa-se uma grande diferença em relação aos cavacos com casca e de serraria, que tiveram um valor de IVC muito próximos.

O fato pode se explicar pelo fato do teor de cinzas do cavaco sem casca ser menor do que os cavacos com casca e de serraria, isso se dá pelo fato da casca produzir mais cinzas, como mencionado anteriormente com base em literatura. Não foram encontrados valores médios de IVC para cavacos de madeira de eucalipto, em um trabalho feito por Purohit & Nautiyal (1987, p.7), o valor mais baixo encontrado foi de 291 para *Pyrus Pashia* e o mais alto de 3366 *Dalbergia sissoo*.

5.6 VARIAÇÃO DE PREÇOS

Os valores de comercialização dos cavacos a 28% de umidade é de R\$ 211,93/ton para cavaco sem casca, R\$ 199,56/ton para cavaco com casca e R\$ 85/ton para cavaco de serraria. A umidade mínima estabelecida para venda é de 28%, e na variação de +1% de umidade é acrescentado R\$1,5 por tonelada.

Como a umidade é um fator na composição dos preços de venda dos cavacos, o IVC pode ser utilizado da mesma maneira, ou seja, quanto maior for o IVC, maior será o preço do cavaco, como parâmetro de qualidade do produto.

6. CONCLUSÕES

A análise de qualidade da biomassa é importante para comercialização desse combustível, isso envolveu várias análises de qualidade que foram mostradas ao longo dos resultados do trabalho, o IVC, elaborado por Purohit e Nautiyal, (1987), reuniu todas as análises nesse índice, facilitando a visualização dos resultados obtidos, por isso pode ser considerado um parâmetro adequado para avaliar a qualidade dos cavacos.

Os cavacos apresentaram algumas diferenças entre as propriedades avaliadas, mostrando que a casca foi um dos maiores fatores a influenciar nos resultados deste trabalho, pois a casca apresenta maior teor de cinza, isso fez com que os cavacos que possuem casca sejam considerados de qualidade mais baixa em relação ao cavaco sem casca.

Com a avaliação de três diferentes tipos de biomassa, o resultado encontrado nesse trabalho evidenciou que o cavaco sem casca é o que tem maior IVC, mostrando então que por esse parâmetro ele é o cavaco de melhor qualidade comercializado pela empresa.

7. RECOMENDAÇÕES

- Como o preço de venda dos cavacos é feito de acordo com o teor de umidade, recomenda-se que o IVC seja utilizado como um fator para que haja incremento nos preços.
- Recomendam-se mais estudos sobre a empregabilidade do IVC para comercialização e recomendação de qualidade geral de biomassa.
- Analisar mais propriedades da madeira para um resultado mais completo.
- Fazer análise estatística dos resultados.
- Analisar mais materiais, combinar tipos de diferentes de cavacos para análise.
- Fazer análise granulométrica.
- Analisar a porcentagem de casca de cada material.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, T. C. G. R. de et al. Biomass yield and calorific value of six clonal stands of *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake cultivated in Northeastern Brazil. **Cerne**, v. 19, n. 3, p.467-472, Jul. 2013. DOI.10.1590/s0104-77602013000300014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-77602013000300014>. Acesso em: 08 maio 2016.

Aneel – Biomassa. Disponível em:<<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/biomassa/biomassa.htm>>. Acesso em: 07 junho 2016.

ANGATUBA. Paço Municipal. Projeto de Lei nº97, de 2013. Autor: Prefeitura de Angatuba. Paço Municipal de Angatuba, Angatuba, SP, 2013. Disponível em: <<http://www.angatuba.sp.gov.br/portal/planos-municipais/plano-municipal-de-saneamento.pdf>>. Acesso em: 18 maio 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 11941**: Determinação de densidade básica em cavacos de madeira. São Paulo, 2002. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14929**: Determinação de umidades de cavacos. São Paulo, 2003.

BRAGA, J. L. P. **ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE CLONE DE *Eucalyptus urograndis*, NA FAZENDA BOM JARDIM - APARECIDA - SP**. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/inst/monografia/Jose_Lucio_Pereira_Braga.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2016.

BRAND, M. A.; **Qualidade da biomassa florestal para o uso na geração de energia em função da estocagem**. 2007. 169 p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

BRASIL, M. A. M.; VEIGA, R. A. de A. Variação da densidade básica da madeira de progênies de *eucalyptus urophylla* em dois locais. **Ciência Florestal**, Botucatu, v. 4, n. 1, p.167-174, 1994. Disponível em: <<http://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/306/173>>. Acesso em: 04 maio 2016.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G. Características do eucalipto como combustível: análise química imediata da madeira e da casca. **IPEF**, Piracicaba, n.16, p.63-70, 1978. Disponível em:<<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr16/cap05.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2016.

Climate-Data.Org. Disponível em:< <http://pt.climate-data.org/location/317275/>>. Acesso em: 18 maio 2016.

Climate-Data.Org. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/4212/>>. Acesso em: 18 maio 2016

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL**. Rio de Janeiro: 2014. 61 p. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Síntese do Relatório Final_2015_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Síntese%20do%20Relatório%20Final_2015_Web.pdf)>. Acesso em: 01 abril 2016.

ESALQ, Servicos de Estações Experimentais. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/svee/Itatinga/itatinga_area.htm>. Acesso em: 18 maio 2016.

FOELKEL, C. **Casca da árvore do eucalipto**. 109 p. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/capitulo_casca.pdf>. Acesso em: 13/07/2016.

GIULIANO (Bruno Industrial). **Manual de Operação e Manutenção**. Santa Catarina, 2012. Manual de Picador Florestal.

GOMES, S. da S. **Predição da Disponibilidade de nitrogênio potencial de resposta à fertilização nitrogenada em plantações de eucalipto**. 2009. 81 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Florestais, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. Disponível em: <file:///C:/Users/D630/Downloads/Simone_Gomes.PDF>. Acesso em: 01 abr. 2016.

GRIGORIEFF, A.; COSTA, J.F.C.L.; KOPPE, J. O problema de amostragem manual na indústria mineral. **Revista Scielo**, Minas Gerais, v.55, n.3, p. 1, jul/set 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672002000300011>. Acesso em: 15/07/2016.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (I.E.A.) **World Energy Outlook**. Paris:2014. 12 p. Relatório Técnico. Disponível em: <<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlook2014ExecutiveSummaryPortugueseversion.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

James Kanter. Is Nuclear Power Renewable?. **The New York Times**. Nova York, 03 agosto 2009. Green, p.1. Disponível em: <<http://green.blogs.nytimes.com/2009/08/03/is-nuclear-power-renewable/>>. Acesso em: 13/07/2016.

Lippel, Cavacos de Madeira. Disponível em: <<http://www.lippel.com.br/br/sustentabilidade/cavacos-de-madeira#.V0He8VQr1J>>. Acesso em: 18 maio 2016.

LIPPEL. **QUALIDADE DOS CAVACOS**. 2014. Disponível em: <<http://www.lippel.com.br/lippel/uploads/downloads/05-05-2014-10-36qualidade-dos-cavacos-para-combustao.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2016.

LORENZI, Harri. **Árvores Exóticas no Brasil**. São Paulo: Plantarum, 2003
 MACHADO, F. C.; **Crescimento inicial de um clone de *Eucalyptus grandis* em diferentes arranjos de plantio no sistema de curta rotação**. 2014. 55 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Botucatu, 2014.

MICHAELIS. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php?lingua=portugues-portugues&palavra=h%EDbrido>>. Acesso em: 20 maio 2016.

MONTANARI, R. et al. Níveis de resíduos de metalurgia e substratos na formação de mudas de eucalipto (*Eucalyptus urograndis*). **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Sergipe, v. 7, n. 1, p.59-66, 2007. Disponível em: <<http://joaootavio.com.br/bioterra/workspace/uploads/artigos/eucalyptuurograndis-1-51817e9dea6c9.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2016.

Portal Brasil. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2010/11/matriz-energetica>>. Acesso em: 22 maio de 2016.

PUROHIT, N.; NAUTIYAL, A. R. (1987) Fuelwood value index of indian mountain tree species, **International Tree Crops Journal**, 1987.p.177-182, DOI: 10.1080/01435698.1987.9752821. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01435698.1987.9752821#.V0bv9_krLcs>. Acesso em: 15 maio 2016.

RAMOS, M. A. **Plantas usadas como combustível em uma área de caatinga (Nordeste do Brasil): seleção de espécies, padrões de coleta e qualidade do recurso**. 2007. 100 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

REPSOL. Disponível em:< https://www.repsol.com/pt_pt/corporacion/conocer-repsol/contexto-energetico/matriz-energetica-mundial/>. Acesso em: 21 maio de 2016.

REZENDE, R. N. **Secagem de toras de clones de *Eucalyptus* empregados na produção de carvão**. 2009. 186 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SANTOS, R. C. et al. Correlações entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v.39, n.90, p.221-230, jun/2001.

SEMANA DE INTEGRAÇÃO ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. 10.. 2009, Irati. **Avaliação das emissões gasosas de diferentes tipos de combustíveis utilizados em processos industriais e seus impactos ambientais**: anais. Irati:

2009. Disponível em: <http://anais.unicentro.br/siepe/isiepe/pdf/resumo_996.pdf>. Acesso em: 06 abril 2016.

STEIN, F. R., **Avaliação técnica do tempo de estocagem da madeira**. 2003. 36 p. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

ZANUNCIO, A. J. V. **Influência da secagem da madeira de *Eucalyptus* E *Corymbia* na produção e qualidade do carvão**. 2013. 70 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.