

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR PALOTINA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM BIOCOMBUSTÍVEIS

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DO HÍBRIDO
Eucalyptus Urograndis EM DIFERENTES IDADES E
POSIÇÕES DO FUSTE**

Acadêmica: Lilian Cristina de Souza Madalena
Orientador: Prof. Dr. Roberto Rochadelli
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Adriana Ferla de Oliveira

PALOTINA - PR
Agosto de 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR PALOTINA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM BIOCOMBUSTÍVEIS

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DO HÍBRIDO
Eucalyptus Urograndis EM DIFERENTES IDADES E
POSIÇÕES DO FUSTE**

Acadêmica: Lilian Cristina de Souza Madalena
Orientador: Prof. Dr. Roberto Rochadelli
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Adriana Ferla de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
conclusão do Curso Superior de
Tecnologia em Biocombustíveis da
Universidade Federal do Paraná – Setor
Palotina.

PALOTINA - PR
Agosto de 2013

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar clareza, força e perseverança para superar mais essa batalha.

A minha família que me incentivou e apoiou em todos os momentos, sempre convencidos de um futuro melhor.

Ao professor Dr. Roberto Rochadelli, pela orientação, pela gentileza e tranquilidade em suas palavras que me mostraram que sempre existe algo de bom em tudo, que basta mudarmos nosso ponto de visão.

À professora Dr^a. Adriana Ferla de Oliveira, pela co-orientação e paciência dedicadas, pela inspiração na minha escolha de área a seguir, pelos inesgotáveis conselhos, pela amizade.

À C.Vale pela colaboração cedendo as amostras utilizadas, principalmente ao senhores Nilton Beck e Alcemir Chiodelli pela atenção.

Ao Laboratório de Energia de Biomassa – UFPR/Curitiba, em especial ao Prof. Dr. Dimas Agostinho Silva, Leticia J. Souza e Jéssica Galvan, Elder Eloy por toda ajuda e realização de alguns parâmetros na conclusão do trabalho.

A todos os professores da UFPR – SETOR/PALOTINA, pelos ensinamentos dentro e fora de aula, em especial ao professor Dr. Helton J. Alves.

As pessoas que diretamente ou indiretamente me ajudaram a realizar esse feito, em especial a Cleimar Zangrande pela imensa paciência e dedicação e a Luana Gabriela Lenhard pela amizade em todas as horas.

RESUMO

A energia sendo um insumo de grande importância para humanidade e diante das atuais necessidades de alternativas para o panorama energético e ambiental. Sendo a lenha uma dessas opções, devido ao seu uso em vários setores como na agroindústria para a secagem de grãos, em caldeira para geração de vapor e obtenção de energia elétrica, entre outros. Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial energético do híbrido *Eucalyptus urograndis* em diferentes idades e posições do fuste, visando à antecipação de corte final. As amostras do híbrido *Eucalyptus urograndis*, dos genótipos H13 e GG 100, nas idades de 4 e 6 anos foram coletas em uma área de reflorestamento, em Palotina, região oeste do Paraná, com latitude -24.2817, longitude - 53.8404, 24° 16' 54'' Sul e 53° 50' 25'' Oeste. Com altitude de 335 m, clima subtropical úmido (classificação de Köppen-Cfa) e temperatura média anual de 20 °C. Com relevo plano, não existindo altas montanhas ou precipícios, solo Latossolo vermelho eutrófico de textura muito argilosa. Foram analisados os parâmetros de densidade básica, análise química imediata (teor de umidade, teor de materiais voláteis, teor de cinzas, teor de carbono fixo), teor de lignina, poder calorífico superior e inferior. Obteve-se altura média entre 19,2 a 21,3 m; diâmetro médio entre 13,4 a 14,0 cm. Densidade básica na idade de 4 anos foi acima do esperado para o genótipo GG 100. Na análise imediata, os teores de umidade e cinzas foram satisfatórios comparados à literatura. O teor de lignina, poder calorífico superior e inferior são parcialmente iguais estatisticamente. Obteve-se bons resultados nos parâmetros analisados, em ambas as idades e genótipos. Mas de uma forma geral, os resultados não permitiram recomendar a idade de corte mais adequada aos propósitos da empresa. Necessitando de análises de outros parâmetros e uma maior quantidade de amostras.

Palavras-chaves: Energia, Híbrido, *Eucalyptus*.

ABSTRACT

The energy input being one of great importance to humanity and given the current needs for alternative energy and environmental landscape. Being the wood of these options, due to their use in various sectors such as agribusiness for drying grain in boiler to generate steam and getting electricity, among others. This study aimed to evaluate the energy potential of the hybrid *Eucalyptus urograndis* at different ages and positions of the stein, in order to advance the final cut. Samples of the hybrid *Eucalyptus urograndis*, and GG genotypes H13 100, ages 4 and 6 years old were collected in a reforestation area in Palotina western Paraná, with latitude -24.2817, longitude - 53.8404, 24°16'54" South and 53°50'25" West. With an altitude of 335 m, humid subtropical climate (classification Köppen Cfa) and average annual temperature of 20 °C. With flat terrain, there are no high mountains or cliffs, soil eustrux of loamy soil. Samples were analyzed for basic density, chemical analysis (moisture, volatile materials content, ash content, fixed carbon content), lignin content, upper and lower calorific values. Obtained height between 19.2 to 21.3 m; diameter between 13.4 to 14.0 cm. Basic density at age 4 was higher than expected for genotype GG 100. In the immediate analysis, the moisture and ash were satisfactory compared to literature. The lignin content, calorific values and are partially inferred statistically equal. Good results are obtained for the parameters analyzed in both genotypes and ages. But in general, the results do not recommend the cutting age most suitable to the purposes of the company. Requiring analysis of other parameters and a larger number of samples.

Keyword: Energy, Hybrid, *Eucalyptus*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVO GERAL	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 GENERALIDADES.....	4
2.2 HISTÓRICO DO EUCALIPTO.....	6
2.3 O GÊNERO <i>EUCALYPTUS</i>	8
2.3.1 <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden.....	9
2.3.2 <i>Eucalyptus urophylla</i> S. T. Blake	9
2.3.3 Híbrido <i>E. urograndis</i> (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>).....	10
2.4 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS	12
2.4.1 Densidade Básica.....	12
2.4.2 Análise Química Imediata	12
2.4.2.1 Teor de Umidade	12
2.4.2.2 Teor de Materiais Voláteis	13
2.4.2.3 Teor de Cinzas.....	13
2.4.2.4 Teor de Carbono Fixo	13
2.4.3 TEOR DE LIGNINA.....	13
2.4.4 PODER CALORÍFICO	14
3 MATERIAIS E MÉTODOS	15
3.1 MATERIAL EXPERIMENTAL.....	15
3.2 DENSIDADE BÁSICA	18
3.2.1 Método de Imersão-baseado na variação do peso do líquido	18
3.2.2 Método do máximo teor de umidade.....	19
3.3 ANÁLISE QUÍMICA IMEDIATA.....	20
3.3.1 Determinação do Teor de Umidade	20
3.3.2 Determinação do Teor de Materiais Voláteis	20
3.3.3 Determinação do Teor de Cinzas	21
3.3.4 Determinação do Teor de Carbono Fixo.....	22
3.4 ANÁLISE DO TEOR DE LIGNINA	22
3.4.1 Preparo das amostras para Determinação do Teor de Lignina	22

3.4.2	Determinação do Teor de Lignina.....	23
3.5	ANÁLISE DO PODER CALORÍFICO.....	24
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	25
3.6.1	Teste Tukey.....	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1	ANÁLISE DE DENSIDADE BÁSICA.....	27
4.2	ANÁLISE QUÍMICA IMEDIATA.....	29
4.3	ANÁLISE DO TEOR DE LIGNINA.....	30
4.4	PODER CALORÍFICO.....	32
4.5	RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	33
4.5.1	Análise de Variância para análise química imediata.....	33
4.5.2	Teste de comparação de médias Tukey a 5% para análise química imediata.....	34
4.5.3	Análise de Variância (PCS, PCI, TL) dos híbridos de <i>E. urograndis</i>	36
4.5.4	Teste de comparação de médias Tukey a 5% (PCS, PCI, TL) dos híbridos de <i>E. urograndis</i>	37
5	CONCLUSÃO.....	39
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. Área e distribuição de plantios de florestas com <i>Eucalyptus</i> e <i>Pinus</i> nos estados do Brasil, 2012. Fonte: ABRAF (2013).....	2
FIGURA 2. Histórico da área de plantios florestais no Brasil.....	3
FIGURA 3. Cadeia produtiva do setor florestal.	5
FIGURA 4. Histórico do <i>Eucalyptus</i> no Brasil.....	6
FIGURA 5. Rotação 7 anos do <i>Eucalyptus</i>	7
FIGURA 6. Rotação 20 anos do <i>Eucalyptus</i>	8
FIGURA 7. Plantação de <i>E. urograndis</i> H13/2007.	10
FIGURA 8. Como produzir um híbrido de <i>Eucalyptus</i>	11
FIGURA 9. Medição da circunferência (CAP).	15
FIGURA 10. Medição com clinômetro da altura das árvores.....	16
FIGURA 11. Moinho de facas.....	17
FIGURA 12. Peneiração.....	17
FIGURA 13. Método de imersão.	19
FIGURA 14. Conjunto soxhlet sobre uma bateria Sebelin.	23

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Repartição da oferta interna de energia.	1
TABELA 2. Dados referentes aos híbridos de <i>E. urograndis</i>	16
TABELA 3. Rampa de aquecimento.....	22
TABELA 4. Árvores médias das parcelas, referente aos híbridos de	27
TABELA 5. Árvores médias coletadas dos híbridos de <i>E. urograndis</i>	27
TABELA 6. Densidade básica dos híbridos de <i>E. urograndis</i> (4 anos).	28
TABELA 7. Densidade básica dos híbridos de <i>E. urograndis</i> (6 anos).	28
TABELA 8. Médias da análise química imediata dos híbridos de <i>E. urograndis</i> (4 anos).	29
TABELA 9. Médias da análise química imediata dos híbridos de <i>E. urograndis</i> (6 anos).	29
TABELA 10. Média de teores de lignina dos híbridos de <i>E. urograndis</i> (4 anos).....	30
TABELA 11. Média de teores de lignina dos híbridos de <i>E. urograndis</i> (6 anos).....	31
TABELA 12. Média do poder calorífico dos híbridos de <i>E. urograndis</i> (4 anos).....	32
TABELA 13. Média do poder calorífico dos híbridos de <i>E. urograndis</i> (6 anos).....	32
TABELA 14. Análise de variância da análise química imediata (W, F, V e A) dos híbridos de <i>E. urograndis</i>	34
TABELA 15. Teste de comparação de médias tukey a 5% da análise química imediata (W, F, V e A) dos híbridos de <i>E. urograndis</i>	35
TABELA 16. Análise de variância para poder calorífico superior (PCS), inferior (PCI) e teor de lignina (TL) dos híbridos de <i>E. urograndis</i>	37
TABELA 17. Teste de comparação de médias Tukey a 5%.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS E SÍMBOLOS

CAP	-	circunferência a altura do peito (a 1,30 m de solo)
DAP	-	diâmetro à altura do peito
ha	-	hectare
$m^3/ha^{-1}.ano^{-1}$	-	metro cúbico por hectare, por ano
g/cm^3	-	gramas por centímetros cúbicos
Kcal/kg	-	quilo caloria por quilogramas
°C	-	grau Celsius
%	-	porcentagem
cm	-	centímetros
m	-	metros
m^2	-	metros quadrados
H	-	altura
H/2	-	metade da altura total
DB	-	densidade básica
W	-	teor de umidade
F	-	teor de carbono fixo
V	-	teor de materiais voláteis
A	-	teor de cinzas
TL	-	teor de lignina
PCS	-	poder calorífico superior
PCI	-	poder calorífico inferior
K	-	constante

1. INTRODUÇÃO

A energia é primordial no atendimento das necessidades da humanidade sendo uma de suas bases para o seu desenvolvimento. O crescimento rápido da população mundial e conseqüentemente as necessidades geradas para alcançar uma qualidade de vida e mantê-la são os motivos pelo qual se tem tanta dependência desse insumo (SILVA; LOPES, 2011).

Nossa matriz energética evoluiu em uma base onerosa e insegura alicerçada no uso de combustíveis fósseis. Todos esses fatores levam muitos países a estarem procurando novos recursos e alternativas para o problema gerado, buscando assim a intensificação no uso de combustíveis renováveis. Diante disso percebemos a movimentação mundial em busca de inovações energéticas (BRITO, 2007).

Em 2010 obtivemos 13,2% da participação de renováveis na Matriz Energética Mundial. Em 2011, no Brasil foram 44,0% e em 2012 obtivemos 42,4% mantendo-nos entre as mais elevadas do mundo, deste total 9,1% são lenha e carvão vegetal (BEN, 2013). Conforme a oferta interna de energia, temos a distribuição das fontes renováveis e não renováveis de 2012 (Tabela 1).

TABELA 1. Repartição da oferta interna de energia.

Renováveis	%	Não Renováveis	%
Biomassa de Cana	15,4	Petróleo e Derivados	39,2
Hidráulica e Eletricidade	13,8	Gás Natural	11,5
Lenha e Carvão Vegetal	9,1	Carvão Mineral	5,4
Lixívia e Outras Renováveis	4,1	Urânio	1,5
Total	42,4	Total	57,6

Fonte: BEN (2013).

Utilizada no mundo inteiro desde a antiguidade, a madeira é uma das fontes renováveis mais usadas no mundo. Sua utilização se deu principalmente pelo seu preço baixo e fácil acesso. Devido às conseqüências do uso demasiado dos combustíveis fósseis nos últimos anos, os quais geraram problemas econômicos políticos e ambientais, ocorreu uma retomada do uso dessa biomassa vegetal (GUERRA; LANÇAS, 2011). Assim, a madeira tornou-se um importante componente na atualidade da matriz energética brasileira. Além de ser uma fonte energética primária no preparo de alimentos, também tem grande destaque no comércio, indústrias, siderurgias, agronegócio (SILVA, 2008).

De acordo com o Anuário Estatístico FAO (2013), “a área florestal total do mundo é mais do que 4 bilhões de hectares, correspondendo a cerca de 30% de área total”. A região da América Latina e do Caribe tem abundantes recursos florestais, com quase 49% do sua área total coberta por florestas em 2010. O Brasil com 13% de área florestal global está entre os 5 países mais rico em florestas do mundo (FAO, 2011).

Em 2012, a área brasileira de plantios de *Eucalyptus* spp e *Pinus taeda* L. atingiu 6.664.812 milhões de hectares. Deste montante 76,6% se refere ao plantio de *Eucalyptus* e 23,4% de *Pinus* (ABRAF, 2013). Com 87,7% da área total os estados de MG, SP, PR, BA, SC, MS e RGS se destacaram no cenário nacional (Figura 1).

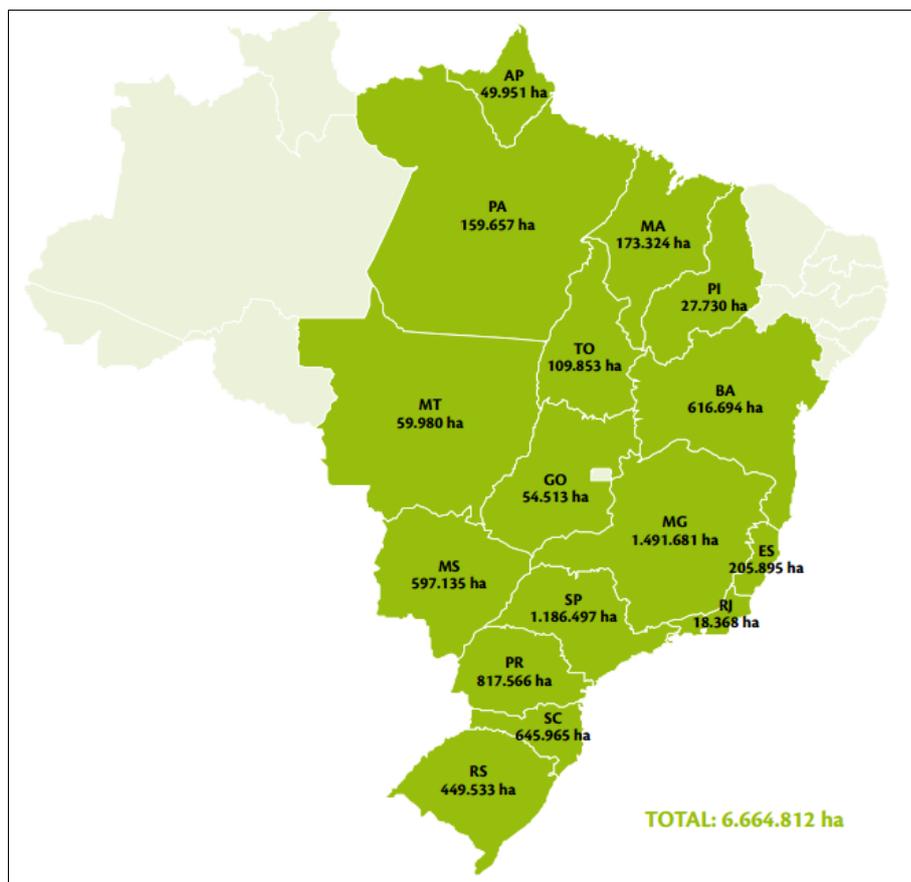


FIGURA 1. Área e distribuição de plantios de florestas com *Eucalyptus* e *Pinus* nos estados do Brasil, 2012. Fonte: ABRAF (2013).

Em 2012 a área de plantio de *Eucalyptus* totalizou 5.102.030 ha, representando um crescimento de 4,5% frente ao indicador de 2011 (Figura 2).

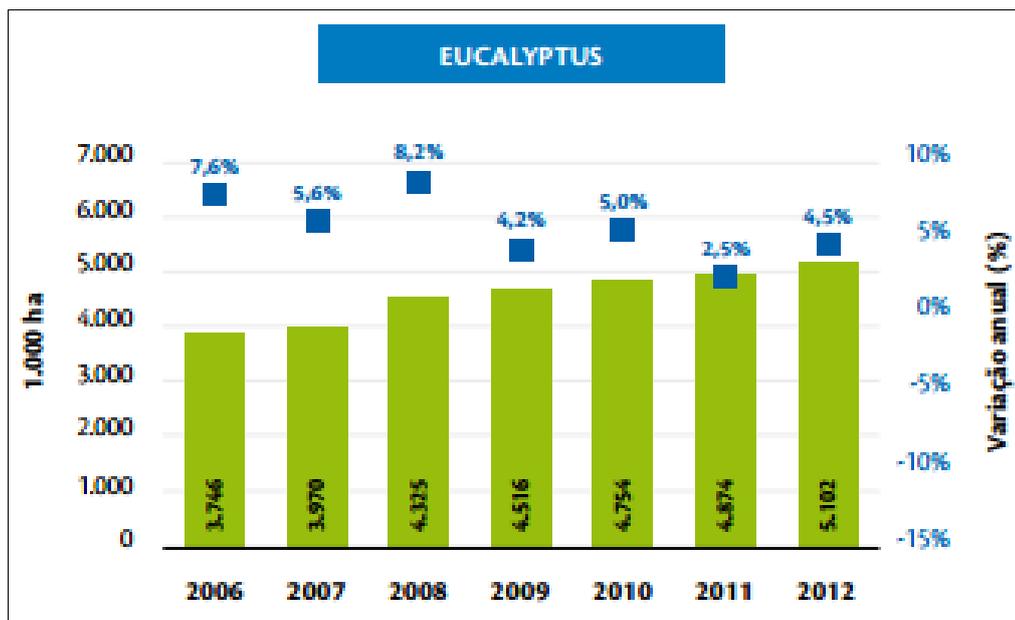


FIGURA 2. Histórico da área de plantios florestais no Brasil.
Fonte: ABRAF (2013).

Com uma área de florestas plantadas de 1,3 milhões ha e um consumo de 51 milhões de m³ de madeira, no Paraná a madeira representa o terceiro produto de exportação do agronegócio, que mesmo com uma área e clima extremamente favoráveis à produção, apresenta um déficit anual de 47 mil hectares (EMATER, 2013).

Desempenhando funções econômicas, sociais e ambientais as florestas plantadas são um conjunto vivo e dinâmico em constante interação com os meios bióticos e abióticos, além de serem unidades produtoras de matérias-primas (GARLIPP; FOELKEL, 2009).

Portanto, conhecer a capacidade de produtividade dessas áreas plantadas, sabendo todo o potencial energético possível de se alcançar é extremamente necessário para um melhor desenvolvimento de pesquisas para o melhoramento do setor e aumento do fornecimento deste insumo.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo foi avaliar o potencial energético do híbrido *Eucalyptus urograndis* em diferentes idades e posições do fuste, visando à antecipação de corte final.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 GENERALIDADES

A madeira para energia proporciona a diminuição da dependência energética externa e seu uso uma maior segurança quanto ao suprimento da demanda, sendo que muitos dos combustíveis utilizados não oferecem (BRITO, 2007).

A partir da madeira são obtidos os dendrocombustíveis, considerados os biocombustíveis da madeira. Incluem essencialmente a lenha, que pode ser produzida e obtida de maneira sustentável a partir de florestas plantadas ou nativas, ou também obtida por desmatamento de formação nativa com o intuito, neste caso, de obter terras para atividades agropecuárias. Atividades que processam ou utilizam a madeira em serrarias e indústrias de celulose, que não possuem finalidade energética também fornecem dendrocombustíveis. De origem florestal temos o carvão vegetal, licor negro (subproduto da indústria de celulose), metanol ou álcool metílico, produzido a partir da madeira (NOGUEIRA; LORA, 2003).

O uso das florestas implantadas como fonte de energia é economicamente viável e estratégico perante as demais fontes, devido a sua disponibilidade em todos os pontos geográficos de consumo (olarias, secagem de grãos, indústrias agrícolas, etc.), quando cultivadas (ZANI FILHO, 2011).

No Brasil o maior consumidor de lenha equivale à indústria siderúrgica, onde o carvão utilizado tem origem de parte da lenha produzida transformada. No setor residencial a lenha é utilizada para aquecimento e para preparo dos alimentos, sendo assim o segundo maior consumidor. No ramo industrial temos a distribuição de uma série de componentes como indústrias de papel e celulose, química, alimentos e bebidas, cimento e cerâmica que colocam o ramo industrial como terceiro maior consumidor de lenha (BRITO; CINTRA, 2004).

De acordo com o SNIF - Sistema Nacional de Informações Florestais (2003), “a cadeia produtiva com base no setor florestal constitui uma atividade econômica complexa e diversificada de produtos e aplicações energéticas e industriais” (Figura 3).

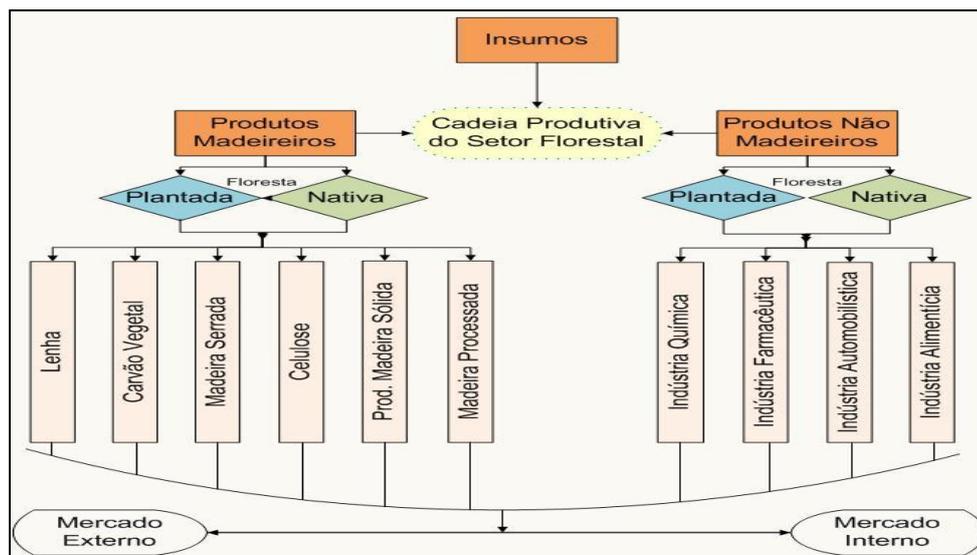


FIGURA 3. Cadeia produtiva do setor florestal.
Fonte: SNIF (2013).

No Paraná na sua base produtiva sem tem importantes mudanças que reflete em uma maior necessidade de madeira (GUALDA; TAVARES, 2003). Com a formação de complexos agroindustriais, produção matéria-prima, consumidor de insumos e máquinas o estado Paraná inclui-se no circuito de produção industrial (SILVA *et al.*, 2005).

No estado do Paraná encontramos regiões com possibilidades de geadas severas onde as espécies de *E. dunnii* Maiden e *E. benthamii* Maid & Camb se adaptam melhor, para geadas leves sugere-se as espécies *E. cloeziana* F. Muell, *E. citriodora* Hook, *E. saligna* Smith e *E. grandis* W. Hill ex Maiden. Isso nos mostra que para o sucesso do plantio florestal precisamos de boa espécie a ser plantada, além de fatores edafoclimáticos (SILVA *et al.*, 2005).

Nas florestas energéticas de eucalipto, temos cortes para indústria com ciclos até 21 anos, com rotações sucessivas e mais econômicas, pois ocorre aos 7 anos (MOURA, 2000).

A silvicultura brasileira está diante de um novo desafio que é produzir competitivamente biomassa para geração de energia em quantidade e qualidade. A biomassa florestal é fonte renovável e tem balanço nulo na emissão de gases de efeito estufa quando usada para energia. Já existem diretrizes governamentais que preveem a expansão da utilização de florestas para esse fim. Assim, torna-se necessário o investimento em pesquisas científicas e desenvolvimento de tecnologias que sustentem econômica e ambientalmente a produção de biomassa. Tal capital de conhecimento acumulado deverá ser aplicado na criação de novas tecnologias voltadas para a geração de energia que utilize a madeira como matéria-prima (LEONEL, 2011).

2.2 HISTÓRICO DO EUCALIPTO

Foram criadas novas técnicas de plantio e manejo na área florestal para aumentar sua produtividade, a partir da conscientização de que as florestas nativas são finitas diante do seu exaustivo uso (NOGUEIRA; LORA, 2003). Com o desenvolvimento tecnológico obtido juntamente com as condições de solo e clima, o Brasil tem um extraordinário desempenho no setor florestal, se destacando no cenário mundial (GONÇALVES, 2011).

No atendimento as necessidades de madeira para a produção de celulose e papel a silvicultura obteve sua origem, mas desde os anos 80 tem sido difundido novos padrões no desenvolvimento de florestas mais homogêneas, tendo em vista a produção de energia da biomassa. Os maciços florestais que buscam o menor espaço de tempo e maior quantidade de energia por hectare são denominados florestas energéticas, e as espécies mais utilizadas para essas condições são o eucalipto e o pinheiro (NOGUEIRA; LORA, 2003). Podemos observar o histórico da introdução do Eucalipto no Brasil desde 1868 até os dias atuais (Figura 4).



FIGURA 4. Histórico do *Eucalyptus* no Brasil.

Fonte: CIB - Conselho de Informações sobre Biotecnologia (2008).

Sabe-se que a utilização da lenha na secagem de grãos, uso diário nas casas, na produção de cerâmicas, entre outros; sempre se deu por madeira nativa na qual foi substituída aos poucos pela cultura de eucalipto, devido ao desenvolvimento tecnológico e científico (COUTO, 2011).

Temos uma estimativa que aproximadamente metade da madeira produzida no Brasil é direcionada para uso energético, principalmente como carvão vegetal e lenha. Isso se deve aos elevados índices de produtividade das florestas plantadas, devido ao sua alta tecnologia (SILVA, 2008).

Com alta produtividade, crescimento rápido, ampla variedade de espécies, uso em diferentes finalidades, capacidade de adaptação, o eucalipto está sendo utilizado extensivamente nos plantios florestais (MOURA, 2000). Resultados tão ascendentes que no Brasil se encontra clones com uma produtividade de 50 m³/ha/ano e sementes com 30 m³/ha/ano, com ciclos entre 6 e 7 anos. Sendo as espécies usadas para energia o *E. urophylla* S. T. Blake, *E. grandis*, *E. citriodora*, *E. cloeziana* e *E. camaldulensis* Dehnh var. obtusa Blakley (SILVA et al., 2008). Observamos a Cadeia Agroindustrial do *Eucalyptus* em rotação de 7 anos em usos diversos (Figura 5).

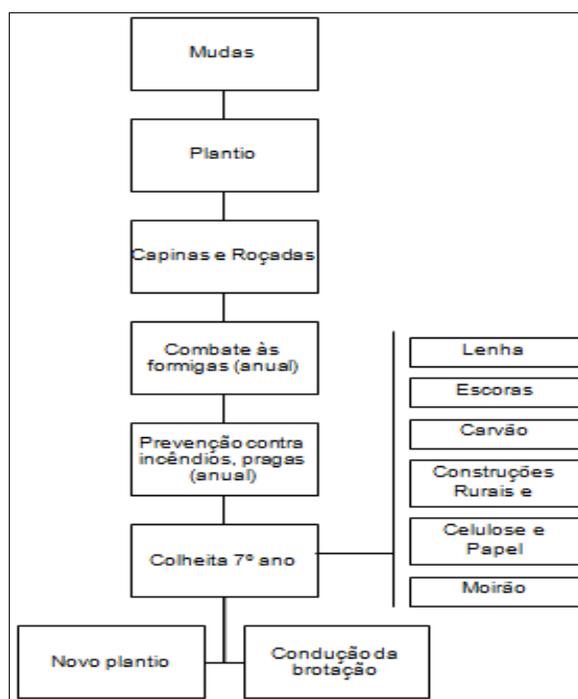


FIGURA 5. Rotação 7 anos do *Eucalyptus*.

Fonte: SILVA et al. (2008).

A silvicultura clonal *Eucalyptus* por meio da seleção e propagação vegetativa de genótipos tem dado grandes resultados em florestas clonais, oferecendo melhor qualidade e homogeneidade da matéria-prima florestal, podendo ser cultivado em diferentes áreas de plantio, resultando em maior produtividade de madeira por área,

e economia operacional, podendo até mesmo ser utilizadas num curto prazo de tempo de plantio (XAVIER, 2003). Observamos a Cadeia Agroindustrial do *Eucalyptus* em rotação de 20 anos em usos diversos (Figura 6).

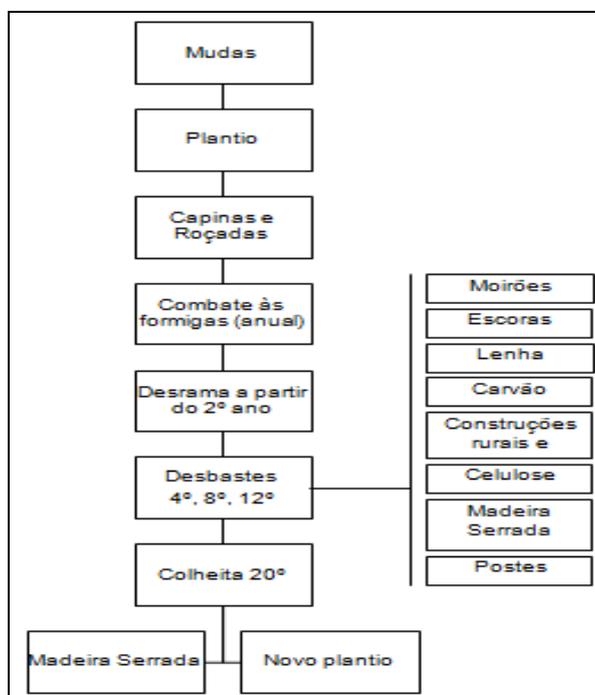


FIGURA 6. Rotação 20 anos do *Eucalyptus*.

Fonte: SILVA *et al.* (2008).

O uso do eucalipto tem sido mundialmente reconhecido como de excelente uso para produção de celulose, sendo considerado como matéria-prima de melhor qualidade e, de rápido retorno, do tempo de plantio até corte, com um rápido crescimento, e sem causar danos à natureza (MOURA, 2000).

2.3 O GÊNERO *EUCALYPTUS*

O gênero *Eucalyptus* pertence à família *Myrtaceae* (RIZZINI, 1981, *apud* OLIVEIRA *et al.* 1999). Segundo Oliveira *et al.* (1999), “o *eucalyptus* adaptada-se a diversas condições de uso, alta taxa de crescimento, plasticidade, forma retilínea do fuste, tem variações nas propriedades tecnológicas”.

Tem sua origem na Austrália, Tasmânia e outras ilhas da Oceania; 730 espécies reconhecidas, sendo utilizadas atualmente somente 20 espécies aproximadamente. Mais usados: *E. grandis* (55%), *E. saligna* (17%), *E. urophylla*

(9%), *E. viminalis* Labill (2%), híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* (9%) e outras espécies (6%) (SILVA *et al.*, 2005). As espécies apresentam um ciclo de corte relativamente curto quando comparadas com espécies florestais nativas (SILVA *et al.*, 1983).

Essa variabilidade possibilita o uso do *Eucalyptus* para diversos fins como: celulose, carvão vegetal, lenha, MDF, aglomerados, chapas de compensado, moirões, madeira serrada, laminação e óleos vegetais (COUTO; MULLER, 2008).

2.3.1 *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

Segundo Rocha (2010), “*E. grandis* tem cerne castanho rosado claro e albuno bege rosado, pouco brilho, cheiro e gosto imperceptíveis, densidade baixa, macia ao corte, grã direita, textura fina a média”.

Tem características ideais para produção de móveis, boa forma para produção de serrados a partir de toras, plantios em larga escala, adaptabilidade em todas as regiões no Brasil, potencial silvicultural excelente (ROCHA, 2000).

A espécie ocorre naturalmente na Austrália, em áreas com altitudes variando desde o nível do mar até 1.100 m. A precipitação pluviométrica varia de 1.000 a 3.500 mm anuais, predominantemente no verão, e a estação seca raramente ultrapassa três meses. A temperatura máxima média varia de 24 a 30 °C e a mínima média varia entre 3 e 8 °C. É uma das espécies mais plantadas no mundo, considerada uma das mais versáteis e indicadas para uso múltiplo (SILVA *et al.*, 2008).

2.3.2 *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake

O *E. urophylla* tem um extraordinário posicionamento frente ao melhoramento genético para clonagem na silvicultura, devido a sua ampla variedade fenotípica (RUY *et al.*, 2001).

É uma das duas espécies de ocorrência natural fora do território australiano, ocorrendo, naturalmente, na ilha de Timor e noutras ilhas a leste do arquipélago indonésio, com altitudes variando de 400 até 3.000 m. A precipitação pluviométrica média anual varia de 1.000 a 1.500 mm, com chuvas concentradas no verão. O período seco não ultrapassa quatro meses. A temperatura média máxima se situa em torno de 32 °C e a temperatura média mínima varia entre 8 a 12 °C. É considerada uma das espécies de maior potencial no Brasil, em razão da ampla possibilidade de utilização de sua madeira (SILVA *et al.*, 2008).

2.3.3 Híbrido *E. urograndis* (*E. grandis* x *E. urophylla*)

Considerando o uso de clones menos vulneráveis a doenças e a ausência de água, com alto nível de produção e padronização da madeira, tem sido referência de novos cultivos de florestais (RUY *et al.*, 2001).

O *Eucalyptus* oferece uma facilidade de cruzamentos entre espécies distintas. É um dos híbridos mais conhecidos no Brasil, reúne o crescimento e qualidade da madeira do *E. grandis*, com a adaptabilidade e resistência a doenças do *E. urophylla* (CIB, 2008). Na Figura 7, visualiza-se o experimento do H13 de 6 anos.



FIGURA 7. Plantação de *E. urograndis* H13/2007.

Fonte: AUTOR (2013).

A produção varia de uma região para outra, nos dando como base, valores de 30 a 40 m³.ha⁻¹.ano⁻¹. Entretanto, com melhoramentos genéticos, a produção de híbridos e a clonagem, podemos alcançar valores elevados como 60 até 80 m³.ha⁻¹.ano⁻¹. O cultivo com finalidade energética é geralmente manejado em rotações de 4 a 7 anos (COUTO; MULLER, 2008).

De acordo com Couto *et al.* (2002), “os espaçamentos mais utilizados atualmente, inclusive para energia, são aqueles que proporcionam uma área útil de 3 a 9 m²”. De uma forma geral, solos com maior fertilidade podem suportar um maior

número de plantas por área. O espaçamento pode exercer influência sobre variáveis como a qualidade da madeira, manejo, idade de corte, taxas de crescimento, e também custos de produção (SILVA *et al.*, 2008). Verificamos o processo de como obter um híbrido de *Eucalyptus* (Figura 8).



FIGURA 8. Como produzir um híbrido de *Eucalyptus*.
Fonte: CIB - Conselho de Informações sobre Biotecnologia (2008).

Indicados para fins energéticos, celulose e papel, movelaria, construção, e usos gerais da madeira (caixotaria, mourões, escoras, chapas duras, painéis), dentre outros. Os híbridos abrangem grande parcela de plantio no Brasil (SILVA *et al.*, 2008).

É aconselhável e válido o cuidado com a origem do material genético usado (sementes, estacas e mini-estacas). Todos devem ser provenientes de matrizes com alta produtividade, imunes às doenças e adaptáveis a diversos ambientes de cultivo. Em diversas regiões do Brasil, já se aplicam o uso de mudas clonais. Embora apresente um custo um pouco mais elevado de início, inúmeras vantagens se destacam em relação às mudas produzidas com sementes: uniformidade em relação às características silviculturais e tecnológicas, boa adaptação às adversidades ambientais e maximização do ganho em produtividade (SILVA *et al.*, 2008).

2.4 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

O alto poder calorífico, o elevado teor de voláteis, a elevada taxa de combustão, a baixa temperatura de ignição e a baixa energia de ativação são características que fazem da biomassa lignocelulósica um bom combustível (PINHEIRO, 2010).

Na análise do *Eucalyptus* temos parâmetros como densidade básica, análise química imediata (teor de umidade, teor de carbono fixo, teor de materiais voláteis e teor de cinzas), teor de lignina, poder calorífico (superior e inferior) para nos demonstrar o potencial energético da espécie.

2.4.1 Densidade Básica

Considerada como um índice universal para avaliar a qualidade da madeira, pela facilidade de determinação e pelas excelentes relações com o uso da madeira segundo Santos e Sansígolo (2007); de acordo com Foelkel *et al.* (1990) não pode e não deve ser absoluta.

No gênero *Eucalyptus* a densidade pode variar com a idade, com o vigor da espécie, com o local onde crescem (clima e sítio), com o tipo de manejo imposto ao povoamento, com a taxa de crescimento e, na mesma árvore ainda varia no sentido base-topo e na distância medula-casca, variando também dentro de uma mesma espécie (PINHEIRO, 1999).

2.4.2 Análise Química Imediata

Conforme Cortez *et al.* (2008), “a composição química imediata se refere ao conteúdo percentual, baseado na massa do combustível, umidade (W), do carbono fixo (F), materiais voláteis (V), e cinzas (A)”.

2.4.2.1 Teor de Umidade

Conforme Nogueira e Lora (2003), “o teor de umidade é a medida da quantidade de água livre na biomassa e que pode ser avaliada pela diferença entre pesos de uma amostra, antes e logo após ser submetida à secagem”.

Quando a biomassa está úmida, parte da energia liberada na combustão é usada para a vaporização da água. Desta forma quanto mais seca a matéria prima, mais energia estará disponível para o aquecimento. Conseqüentemente, para conhecer a massa verdadeira da biomassa é necessário calcular o seu teor de umidade. Isto pode ser medido de duas maneiras: em uma base seca ou em uma base úmida (JARA, 1989).

2.4.2.2 Teor de Materiais Voláteis

Fácil queima de material, determinado com a fração em massa do combustível que volatiliza durante o aquecimento a temperaturas perto de 850 °C, por 7 minutos (NOGUEIRA; LORA, 2003).

2.4.2.3 Teor de Cinzas

As cinzas são componentes indesejáveis nos processos industriais e, principalmente, no uso doméstico da biomassa (aquecimento residencial) porque quanto mais alto o teor de cinzas do material, menor o poder calorífico do combustível, conseqüentemente, há maior quantidade de resíduos para ser removido no final da combustão. Além disso, o contato deste resíduo com partes metálicas favorecem o aparecimento da corrosão diminuindo a vida útil do equipamento (RICHARDSON *et al.*, 2002).

Uma forma de elevar o teor de cinzas é pela contaminação durante os processos de colheita, transporte e manuseio.

2.4.2.4 Teor de Carbono Fixo

De acordo com Nogueira e Lora (2003), “a fração de carbono que permanece na amostra logo após o procedimento descrito anteriormente, este aquecimento é chamada de carbono fixo ou coque”.

2.4.3 TEOR DE LIGNINA

A lignina é um elemento de proteção dos tecidos das plantas e transporte de substâncias, além de oferecer resistência mecânica. A variedade em sua estrutura se dá de uma planta para a outra, com diferenciação na região de corte, e lugar

onde foi realizada a coleta. Disponibilizado assim, de 15 a 30 % em sua constituição, devido a esses fatores citados anteriormente (VELOSO *et al.*, 1992).

2.4.4 PODER CALORÍFICO

É a quantidade de calor (energia térmica) que se libera durante a combustão completa de uma unidade de massa ou de volume de combustível (kJ/kg ou kJ/m^3). Quando não se considera o calor latente de condensação da umidade presente nos produtos de combustão, tem-se o poder calorífico inferior e quando esse calor latente é considerado, tem-se o poder calorífico superior (NOGUEIRA; LORA, 2003).

A bomba calorimétrica por ser fechada, deixa seus produtos de combustão isolados, resultando em valores um pouco maiores dos que se observa na prática. Portanto o poder calorífico superior que é determinado pela mesma, poderá ter leves alterações em seus valores. O vapor d'água formado é condensado e libera o calor latente de vaporização, ao se resfriar (PEREIRA Jr, 2001).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAL EXPERIMENTAL

As coletas foram realizadas em Palotina, região Oeste do Paraná. Suas coordenadas geográficas são: Latitude -24.2817, Longitude - 53.8404, 24° 16' 54'' Sul e 53° 50' 25'' Oeste. Altitude de 335 m, clima subtropical úmido (classificação de Köppen- Cfa) e temperatura média anual de, aproximadamente, 20 °C. Relevo: plano, não existindo altas montanhas ou precipícios. Solo: Latossolo vermelho eutrófico de textura muito argilosa.

As amostras foram coletadas na área de reflorestamento da C. Vale. O experimento analisou materiais de híbridos de *Eucalyptus*, utilizado para suprir a demanda energética da empresa, denominado como *Eucalyptus urograndis* (*E. urophylla* x *E. grandis*), com genótipos denominados H13 e GG100.

Como não havia a existência de um inventário foi necessário fazer demarcações nos talhões escolhidos para coleta das amostras, para obtenção das árvores médias a serem coletadas. Os talhões por serem muito estreitos optou-se em dividi-los em quatro parcelas retangulares de 20 m x 10 m. Na Figura 9, observa-se as medições das CAP (circunferência a altura do peito), a 1,30 m do solo, que foram divididas por $\pi(3,14)$ para obtenção do DAP (diâmetro a altura do p peito). Com o clinômetro mediu-se a altura de cada árvore contida na parcela (Figura 9). Posteriormente foram realizadas as médias de ambas as variáveis para coleta de uma árvore média por talhão, obtendo-se 4 árvores/amostras.



FIGURA 9. Medição da circunferência (CAP).
Fonte: AUTOR (2013).



FIGURA 10. Medição com clinômetro da altura das árvores.
Fonte: AUTOR (2013).

Na Tabela 2, temos dados sobre os talhões, para posteriores cálculos e coletas das árvores médias.

TABELA 2. Dados referentes aos híbridos de *E. urograndis*.

Nome Comercial	Data do Plantio	Idade	Espaçamento (m)
H13	2009	4	2,5x2,0
GG100	2009	4	2,5x2,0
H13	2007	6	2,5x1,5
GG100	2007	6	2,5x1,5

Fonte: AUTOR (2013).

De cada árvore/amostra foi cortado um primeiro disco em CAP e o segundo disco em H/2 (metade da altura total da árvore), finalizando com oito amostras. Estes oito discos de amostra passaram por uma plaina manual, na qual reduziu o tamanho do disco em maravalha. Esse material passou por uma secagem a 75 °C por 72 horas em estufa e depois de frio foi moído em moinho de facas, modelo Marconi/ MA 340 (Figura 11).



FIGURA 11. Moinho de facas.
Fonte: AUTOR (2013).

Todas as amostras foram peneiradas no peneirador Bertel com peneiras de 80 e 40 mesh conforme ABNT - ASTM com intuito de homogeneizar e preparar a amostra para análise (Figura 12).



FIGURA 12. Peneiração.
Fonte: AUTOR (2013).

3.2 DENSIDADE BÁSICA

As análises foram efetuadas com corpo de prova pequeno e em triplicata utilizando os métodos descrito por Trugilho *et al.* (1990).

3.2.1 Método de Imersão-baseado na variação do peso do líquido

Este método baseia-se no princípio de Arquimedes onde a perda aparente de peso de um corpo imerso em um líquido é igual ao peso do líquido deslocado. Verifica-se que o empuxo sofrido pela amostra de madeira é igual ao produto de seu volume pela densidade do líquido. Admiti-se para água uma densidade de 1,000 g/cm³, conclui-se que a diferença de peso indicada na balança corresponde ao volume da amostra.

Neste método, o volume foi obtido pela variação de peso ocasionada pela imersão da amostra na água. O procedimento utilizado foi o seguinte: adicionou-se aproximadamente 500 mL de água num béquer. A seguir imergiu-se inteiramente a amostra saturada na água contida no frasco e obteve-se a diferença de peso indicada pela balança semi analítica. Durante as pesagens das amostras imersas, tomou-se o cuidado para evitar contatos destas com a parede lateral e o fundo do frasco, através de um dispositivo que manteve suspensa (Figura 13). A seguir, obteve-se o peso absolutamente seco. A densidade básica foi obtida utilizando a expressão:

$$DB = PAS/DPE \quad (eq.1)$$

Sendo,

DB = densidade básica da amostra (g/cm³);

PAS = peso da amostra absolutamente seca (g);

DPE = diferença de peso da amostra devido ao empuxo (g), que corresponde ao seu volume.

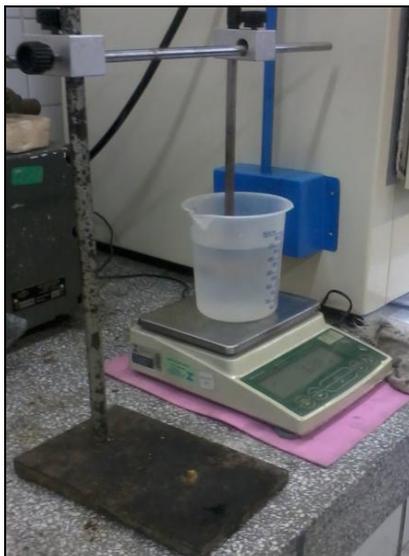


FIGURA 13. Método de imersão.
Fonte: AUTOR (2013).

3.2.2 Método do máximo teor de umidade

Determinou-se a densidade básica sem com tudo obter o seu volume. Para tanto a amostra de madeira foi completamente saturada e após removeu-se o excesso de água da sua superfície e determinou-se o peso saturado ao ar. A seguir obteve-se o peso absolutamente seco das amostras. O cálculo da densidade básica foi feito pela fórmula proposta por Foelkel *et al.* (1971):

$$DB = \frac{1}{\left(\frac{PAM}{PAS}\right)^{-0,346}} \quad (\text{eq. 2})$$

Sendo,

DB = densidade básica da amostra (g/cm³);

PAM = peso da amostra no máximo teor de umidade (g);

PAS = peso da amostra absolutamente seca (g);

0,346 = massa específica estimada.

3.3 ANÁLISE QUÍMICA IMEDIATA

As análises foram efetuadas em triplicatas conforme a Análise Imediata para Biomassa e Resíduos – Método ASTM (E-870-82), de onde obteve-se os resultados de Teor de Umidade, Teor de Materiais Voláteis, Teor de Cinzas e Teor de Carbono Fixo.

3.3.1 Determinação do Teor de Umidade

Para a determinação do teor de umidade os cadinhos de porcelana e suas respectivas tampas foram previamente secos em estufa por 1 hora a 110 °C (104 °C à 110 °C). Após foram colocados no dessecador por 30 minutos, até esfriar, e pesou-se. Adicionou-se amostra suficiente para encher $\frac{3}{4}$ dos cadinhos e pesou-se junto com suas respectivas tampas.

Os cadinhos com as amostras e suas tampas, mas destampados foram colocadas em estufa por 2 horas a 110 °C. Depois foram colocados no dessecador até esfriar e pesou-se. Repetiu-se o procedimento por 30 minutos e, após esfriar, pesou-se novamente. E não houvesse variação no peso, passava-se à etapa seguinte, caso contrário, repetia-se o procedimento. Os cadinhos com as amostras foram tampados e guardados no dessecador para próxima análise. Determinou-se o teor de umidade utilizando a seguinte equação:

$$W = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (\text{eq. 3})$$

Sendo,

W = teor de umidade (%);

m₀ = massa inicial da amostra, peso úmido (g);

m₁ = massa final da amostra, peso seco (g).

3.3.2 Determinação do Teor de Materiais Voláteis

Os cadinhos com as amostras usadas para determinação da umidade foram utilizados para a determinação do teor de materiais voláteis. Aqueceu-se a mufla a

850 °C (850 ± 20 °C) e colocou-se os cadinhos tampados contendo as amostras (uma de cada vez), na mufla, por 6 minutos.

Ao final de cada procedimento os cadinhos tampados foram colocados no dessecador, até esfriar, e pesou-se. Depois eram guardados tampados novamente no dessecador para próxima análise. Determinou-se o teor de materiais voláteis utilizando-se a seguinte equação:

$$V = \frac{ps - pa}{ps} \times 100 \quad (\text{eq. 4})$$

Sendo,

V = teor de materiais voláteis (%);

ps = peso da amostra após mufla a 850 °C (g);

pa = peso da amostra seca (g).

3.3.3 Determinação do Teor de Cinzas

Os cadinhos com as amostras usados para determinação de materiais voláteis foram utilizados para a determinação do teor de cinzas. Foram colocados destampados na mufla fria e aqueceu-se lentamente até 750 °C e manteve-se nessa temperatura durante 2 horas, conforme (Tabela 3). Após, foram colocados no dessecador até esfriar e pesou-se. Depois, eram guardados novamente no dessecador para próxima análise. Determinou-se o teor de cinzas utilizando-se a seguinte equação:

$$A = \frac{pb}{ps} \times 100 \quad (\text{eq. 5})$$

Sendo,

A = teor de cinzas (%);

pb = peso da amostra após a mufla a 750 °C (g) ;

ps = peso seco (g).

TABELA 3. Rampa de aquecimento.

Temperatura (°C)	Tempo de Aquecimento	Rampa de Aquecimento (°C/Min.)
0-500 °C	60	8
500-750 °C	60	4

Fonte: AUTOR (2013).

3.3.4 Determinação do Teor de Carbono Fixo

O teor de carbono fixo é uma medida que depende dos valores de teor de cinza e teor de umidade, portanto foi determinado por diferença. Determinou-se o teor de carbono fixo utilizando-se a seguinte equação:

$$F = 100 - (A + V) \quad (\text{eq. 6})$$

Sendo,

F = teor de carbono (%);

A = teor de cinzas (%);

V = teor de materiais voláteis (%).

3.4 ANÁLISE DO TEOR DE LIGNINA

A análise química foi feita para determinar o Teor de Lignina em triplicata conforme o método TAPPI T222 om-88.

3.4.1 Preparo das amostras para Determinação do Teor de Lignina

Na preparação dos saquinhos para amostras recortou-se papel filtro de um tamanho adequado utilizando-se um funil, dobra-se a boca do saquinho e grampeia de forma a preservar a amostra e identificá-la. Foi pesado o equivalente a 1 g da amostra em cada saquinho. Os saquinhos prontos foram transferidos para o corpo do extrator, sendo colocados cinco saquinhos por extrator.

Previamente os balões de 250 mL contendo as pérolas de vidro e extratores foram secos em estufa para posterior utilização. Adicionou-se 200 mL da mistura

álcool-tolueno (1:2) no balão. Montou-se o conjunto Soxhlet (balão + extrator + condensador) sobre uma bateria de Sebelin e colocou-se para ferver, extraíndo durante 6 horas, após deixou-se esfriar (Figura14).

Na próxima etapa substituiu-se a mistura de álcool-tolueno por álcool 96% e extraíndo-se durante 6 horas, após deixou-se esfriar. Removeram-se os saquinhos do extrator e extraiu-se com água quente, usando três porções de água fervendo durante 1 hora de cada vez. Após deixou-se a amostra secar ao ar livre dentro do saquinho de papel filtro durante 2 dias.



FIGURA 14. Conjunto soxhlet sobre uma bateria Sebelin.
Fonte: AUTOR (2013).

3.4.2 Determinação do Teor de Lignina

Todo o amostrado em saquinho resultante do “Preparo para determinação do Teor de Lignina” foi transferido para um béquer de 50 a 100 mL. Resfriou-se H_2SO_4 72% (665 mL de H_2SO_4 concentrado para 1 L de solução) a uma temperatura entre 10-12 °C e pipetou-se 15 mL no béquer contendo a amostra, o qual foi mantido no banho termostatizado a 18-20 °C durante 2 horas.

Após esse intervalo, transferiu-se a amostra para um erlenmeyer de 1L utilizando 560 mL de água destilada. Manteve-se em ebulição durante 4 horas em banho Maria e, depois, esperou-se a lignina sedimentar totalmente. Filtrou-se em cadinho de vidro sinterizado de porosidade fina (nº 2) passando inicialmente o sobrenadante. O cadinho foi seco na estufa a 100 °C por 4 horas. Esperou-se esfriar no dessecador e pesou-se (peso total final). Calculou-se a porcentagem de lignina através da expressão:

$$\% \text{ Lignina} = \frac{\text{Peso do resíduo}}{1} \times 100 \quad (\text{eq. 7})$$

Sendo: peso do resíduo = peso total final - tara do cadinho.

3.5 ANÁLISE DO PODER CALORÍFICO

Determinou-se o poder calorífico utilizando uma bomba calorimétrica “Julius Peters”, do tipo adiabático, baseado no método de Berthelot. Esta propriedade está relacionada com a quantidade de energia liberada (cal) por unidade de massa (g), quando submetida ao processo de combustão. O teste consiste na combustão de toda a amostra (0,5 g), em ambiente fechado com a presença de oxigênio sob pressão. Para a execução do teste seguiu-se a norma NBR 7993 da ABNT. Utilizou-se a seguinte equação:

$$PCS = \frac{(K(T_{\text{máx.}} - T_{\text{mín.}}))}{m} \quad (\text{eq. 8})$$

Sendo,

PCS = poder calorífico superior;

K = constante conhecida;

T_{máx.} = temperatura máxima;

T_{mín.} = temperatura mínima;

m = massa da amostra.

A constante K da máquina utilizada foi determinada com Ácido Benzóico, sabendo-se previamente que o PCS do Ácido Benzóico é de 6329,19 kcal/kg. O valor obtido de K foi de 389,40 através da seguinte equação:

$$K = \frac{PCS \times m}{(T_{\text{máx.}} - T_{\text{mín.}})} \quad (\text{eq. 9})$$

Sendo,

K = constante;

PCS = poder calorífico superior;

T_{máx.} = temperatura máxima;

T_{min.} = temperatura mínima.

Em seguida foi calculado o poder calorífico inferior, considerado um valor prático, o qual leva em consideração o valor do teor do hidrogênio, em diferentes temperaturas e o teor de umidade da amostra analisada. Utilizou-se a seguinte equação:

$$PCI = \frac{PCS - 600 (U + 9H)}{(1 + U)} \quad (\text{eq. 10})$$

Sendo,

PCI = poder calorífico inferior (kcal/kg);

PCS = poder calorífico superior (kcal/kg);

600 (U + 9H) = calor da evaporação da água;

U = umidade da amostra;

H = teor de hidrogênio (valor Tabelado).

Todos os dados analisados anteriormente foram submetidos a análise estatística, em que se realizou análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os parâmetros como o teor de umidade, teor de materiais voláteis, teor de cinzas, teor de carbono fixo, teor de lignina, poder calorífico superior e inferior foram submetidos à análise estatística.

3.6.1 Teste Tukey

Segundo Vieira *et al.* (1989), “a comparação das médias só pode ser feita após a análise de variância. Isso porque o teste exige o cálculo do quadrado médio de resíduo”.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

TABELA 4. Árvores médias das parcelas, referente aos híbridos de *E. urograndis*.

Genótipo	Idade	Média/Parcelas CAP (cm)	Média/Parcelas Altura (m)
H13	4	43,6	19,6
GG100	4	43,4	22,1
H13	6	43,6	22,5
GG100	6	45,8	21,6

Fonte: AUTOR (2013).

Na Tabela 4 , observa-se os resultados obtidos das médias encontradas entre as parcelas de cada talhão dos híbridos de *Eucalyptus urograndis*, que serviram de base para encontrar as árvores médias a serem coletadas.

Em campo e dentro de uma área delimitada as chances de encontrar medidas exatas são reduzidas, portanto as árvores coletadas com CAP, DAP e Altura Média foram as seguintes (Tabela 5):

TABELA 5. Árvores médias coletadas dos híbridos de *E. urograndis*.

Amostras Coletadas	Idade	CAP Médio (cm)	DAP Médio (cm)	Altura Média (m)
H13/2009	4	42,0	13,4	19,2
GG100/2009	4	42,5	13,5	21,1
H13/2007	6	43,0	13,7	21,3
GG100/2007	6	44,0	14,0	20,7

Fonte: AUTOR (2013).

Em comparação aos genótipos, o híbrido GG 100 obteve resultados superiores em ambas as idades, em relação ao H13. Em altura média, o GG 100 obteve resultado superior, na idade de 4 anos. Já na idade de 6 anos, em altura média o H13 obteve resultado superior. Na Tabela 5, percebemos a média de DAP ficou entre 13,4 e 14,0 cm, a média de Altura média ficou entre 19,2 e 21,3 cm.

4.1 ANÁLISE DE DENSIDADE BÁSICA

Os métodos utilizados: MÉTODO 1 (Método de Imersão baseado na variação do peso do líquido) e MÉTODO 2 (Método do máximo teor de umidade) em ambas idades. Na Tabela 6, temos a densidade básica (DB) do *E. urograndis*, dos

genótipos H13 e GG100, ambos na idade de 4 anos, analisados em dois métodos diferentes.

TABELA 6. Densidade básica dos híbridos de *E. urograndis* (4 anos).

Amostras	No	Posição no Fuste	MÉTODO 1 (g/cm ³)	MÉTODO 2 (g/cm ³) Foelkel <i>et al.</i> (1971)	Sugerido (g/cm ³)
H13	1	DAP	0,416	0,425	0,461 Alencar <i>et al.</i> (2002)
GG100	2	DAP	0,490	0,500	
H13	3	H/2	0,469	0,434	
GG100	4	H/2	0,535	0,564	

Fonte: AUTOR (2013); ALENCAR *et al.* (2002).

Na comparação dos métodos para DB, ambos foram eficazes obtendo resultados bem próximos. Em comparação entre os genótipos, o GG 100, em DAP e H/2 é superior ao H13 em ambos os métodos (Tabela 5). Conforme a Tabela 5, observamos o GG100 tem valores superiores, em ambos o métodos, em comparação com o sugerido por Alencar *et al.* (2002). O híbrido H13 obteve resultado superior ao sugerido, somente na posição H/2, no método 1.

Na Tabela 7, temos a densidade básica (DB) dos híbridos de *E. urograndis*, dos genótipos H13 e GG100, ambos na idade de 6 anos, analisados em dois métodos diferentes.

TABELA 7. Densidade básica dos híbridos de *E. urograndis* (6 anos).

Amostras	Nº	Posição no Fuste	Método 1 (g/cm ³)	Método 2 (g/cm ³) Foelkel <i>et al.</i> (1971)	Sugerido (g/cm ³)
H13	5	DAP	0,434	0,465	Costa (2011) 0,552 Alencar <i>et al.</i> (2002) 0,520
GG100	6	DAP	0,512	0,516	
H13	7	H/2	0,486	0,502	
GG100	8	H/2	0,479	0,495	

Fonte: AUTOR (2013); COSTA (2011). ALENCAR *et al.* (2002).

Na comparação dos métodos para DB, ambos foram eficazes obtendo resultados bem próximos. Em comparação entre os genótipos, o GG 100, em DAP é superior ao H13 em ambos os métodos. Já na posição H/2 o H13 é superior ao GG 100, em ambos os métodos (Tabela 7).

Na Tabela 6, o sugerido por Costa (2011) se refere a um híbrido *E. urograndis*, com idade de povoamento de 6 anos, utilizando método de Foelkel *et al.*, (1971), sendo igual um dos métodos utilizados no presente trabalho. Já Alencar *et al.* (2002) tem as mesmas condições, mas com método diferente. Todos os resultados

obtidos, em ambos os métodos analisados, obtiveram valores abaixo do sugerido por Costa (2011) e Alencar *et al.* (2002).

4.2 ANÁLISE QUÍMICA IMEDIATA

Nas Tabelas 8 e 9, visualizam-se os resultados obtidos pela análise imediata dos híbridos de *E. urograndis*, com parâmetros como Teor de Umidade (W), Materiais Voláteis (V), Teor de Cinzas (A) e Teor de Carbono Fixo (F), dos genótipos H13 e GG100, de 4 e 6 anos.

TABELA 8. Médias da análise química imediata dos híbridos de *E. urograndis* (4 anos).

Árvores/Amostra	Amostra	W (%)	V (%)	A (%)	F (%)
H13/2009 DAP	1	5,7	84,4	0,1	15,5
GG100/2009 DAP	2	3,8	85,7	0,3	14,0
H13/2009 H/2	3	4,3	82,9	0,2	16,8
GG100/2009 H/2	4	5,3	85,0	0,3	14,7
Média		4,8	84,5	0,3	15,2

Fonte: AUTOR (2013).

Altos teores de umidade causa baixo poder calorífico, perdas de energia, baixa ignição, baixa durabilidade e menor tempo de estocagem. Segundo Barreto *et al.* (2008), “o teor de umidade depende da sua origem e processos que sofreram. Caso a madeira seja seca por processos térmicos pode chegar a umidade entre 8 e 12%”. Nas Tabelas 8 e 9, as médias dos teores de umidade em todas as amostras das diferentes idades estão abaixo da média sugerida por Barreto *et al.* (2008), mesmo o autor não tendo referido a idade e espécie da madeira. Obteve-se uma média de teor de umidade de 4,8% para 4 anos (Tabela 8) e 4,7% para 6 anos (Tabela 9), sendo este um ótimo resultado se referindo a umidade.

TABELA 9. Médias da análise química imediata dos híbridos de *E. urograndis* (6 anos).

Árvores/Amostras	Amostra	W (%)	V (%)	A (%)	F (%)
H13/2007 DAP	5	4,7	84,6	0,3	15,1
GG100/2007 DAP	6	4,3	84,9	0,2	14,9
H13/2007 H/2	7	5,2	85,4	1,0	13,6
GG100/2007 H/2	8	4,4	85,4	0,2	14,4
Média		4,7	85,1	0,4	14,5

Fonte: AUTOR (2013).

As médias dos materiais voláteis das diferentes idades que foram de 84,5% (Tabela 8) e 85,1% (Tabela 9) e ficando acima da média sugerida por Lora (1997)

que foi 81,42%, mesmo o autor não referindo a idade analisada. Mas conforme sugerido no Anuário Brasileiro das Indústrias de Biomassa e Energias Renováveis (2012/2013), a madeira tem um teor de voláteis de 75 a 85 %, sendo assim em ambos os genótipos, na posição DAP estão dentro do sugerido.

A porcentagem de cinzas está entre 0,2 - 0,5% no caso de madeiras de zonas temperadas, mas frequentemente valores mais altos podem ser encontrados em madeiras tropicais até 5% de cinzas (FENGEL; WEGENER, 1989).

As médias dos teores de cinzas (A) foram de 0,3% (Tabela 8) e 0,4% (Tabela 9), ficando entre a porcentagem sugerida por Fengel e Wegener (1989) e menor que a porcentagem de 0,79%, sugerido por Lora (1997). Na Tabela 8, para teores de cinzas (A) tem-se na amostra 7 um percentual de 1,0% considerado alto em relação a mesma árvore na (amostra 5) em DAP que obteve um resultado de 0,3%, sugerindo assim a possível contaminação da amostra.

As médias dos teores de carbono fixo foi 15,2% (Tabela 8) e 14,5% (Tabela 9) ficando abaixo da média sugerida por Lora (1997) que foi de 17,82%, mas o autor não se refere à idade em questão. Segundo o Anuário Brasileiro das Indústrias de Biomassa e Energias Renováveis (2012/2013), que sugere o teor de carbono de 15 a 25%. Na Tabela 8, o híbrido GG 100 teve resultados abaixo do sugerido em ambas as posições. Já na Tabela 9, o GG 100 em ambas as posições e o H13 na posição H/2 tiveram resultados abaixo do sugerido.

4.3 ANÁLISE DO TEOR DE LIGNINA

Na Tabela 10, temos o teor de lignina (TL) do híbrido *E. urograndis*, dos genótipos H13 e GG100, ambos na idade de 4 anos.

TABELA 10. Média de teores de lignina dos híbridos de *E. urograndis* (4 anos).

Árvores/Amostra	Amostra	TL (%)
H13/2009 DAP	1	16,9
GG100/2009 DAP	2	20,1
H13/2009 – H/2	3	17,4
GG100/2009 H/2	4	18,5
Média		18,2

Fonte: AUTOR (2013).

Na comparação entre os híbridos, tanto em DAP quanto em H/2 o híbrido GG100 obteve resultados superiores ao híbrido H13. Em relação aos TL ao longo do fuste houve variação em ambos os híbridos, ficando dentro do esperado.

Para Silva (2001), a madeira de eucalipto tem um percentual de 15% a 22% de lignina sem referir-se a idade das árvores utilizadas. Para Klock *et al.* (2005), a lignina esta presente na maioria das plantas, entre 20% e 40% do seu peso. Na Tabela 10, obteve-se a média do TL para idade de 4 anos que foi 18,2 % ficando dentro das médias sugeridas por Silva (2001) no qual não referem à idade do povoamento, mas fora do sugerido por Klock *et al.* (2005).

Na Tabela 11, temos o teor de lignina (TL) do híbrido *E. urograndis*, dos genótipos H13 e GG100, ambos na idade de 6 anos.

TABELA 11. Média de teores de lignina dos híbridos de *E. urograndis* (6 anos).

Árvores/Amostra	Amostra	TL (%)
H13/2007 DAP	5	20,7
GG100/2007 DAP	6	21,9
H13/2007 H/2	7	21,8
GG100/2007 H/2	8	17,8
Média		20,6

Fonte: AUTOR (2013).

Na comparação entre os híbridos, em DAP o híbrido GG100 obteve resultado superior ao híbrido H13. Mas em H/2 o híbrido H13 obteve resultado superior ao do híbrido GG100. Em relação aos TL ao longo do fuste variou no híbrido H13, ficando dentro do esperado. Já no híbrido GG 100 diminuiu o TL ao longo do fuste.

Na Tabela 11, a média do TL foi de 20,6% ficando dentro das médias sugeridas por Silva (2001) e Klock *et al.* (2005) os quais não referem a idade do povoamento. De acordo Costa (2011) cita valores de 24, 54 a 28,67% de lignina total para o *Eucalyptus urograndis* com 6 anos de idade que correlaciona com os resultados de Alencar (2002) que cita 27,28%. Portanto a média obtida para 6 anos está abaixo do sugerido por Costa (2011) e Alencar (2002); podendo ser uma das causas dessa diferença a origem do material genético utilizado.

4.4 PODER CALORÍFICO

Na Tabela 12, temos a média de poder calorífico superior (PCS) e inferior (PCI) dos híbridos de *E. urograndis*, para idade de 4 anos.

TABELA 12. Média do poder calorífico dos híbridos de *E. urograndis* (4 anos).

Árvores / Amostra	Número/ Amostra	PCS (Kcal/kg ⁻¹)	PCI (Kcal/kg ⁻¹)
H13/2009 DAP	1	4641	4335
GG100/2009 DAP	2	4432	4125
H13/2009 H/2	3	3837	3564
GG100/2009 H/2	4	4310	3978
Média		4305	4001

Fonte: AUTOR (2013).

Comparando os genótipos, o híbrido H13, na posição DAP obteve para PCS 4641 e para PCI 4335 kcal/kg, sendo estes resultados superiores ao híbrido GG100 na mesma posição. Na posição H/2 o híbrido GG 100 obteve para PCS 4310 e para PCI 3978 kcal/kg, resultados superiores ao H13.

Conforme o sugerido no Anuário Brasileiro das Indústrias de Biomassa e Energias Renováveis (2012/2013), para *Eucalyptus sp.* foi encontrado valores de PCS 4.545 kcal/kg⁻¹ e PCI 3.884 kcal/kg⁻¹ em um teor de umidade 10,4%, não referiu-se a idade das árvores utilizadas.

Na Tabela 12, somente o H13, na posição DAP obteve resultado superior ao sugerido pela literatura, se tratando de PCS. Na média geral, os valores encontrados de PCS foram inferiores ao citado. Em relação ao PCI, somente o H13, na posição H/2 obteve um resultado inferior sugerido.

Na Tabela 13, temos a média de poder calorífico superior e inferior do híbrido *E. urograndis*, para idade de 6 anos.

TABELA 13. Média do poder calorífico dos híbridos de *E. urograndis* (6 anos).

Árvores/Amostra	Amostra	PCS (kcal/kg ⁻¹)	PCI (kcal/kg ⁻¹)
H13/2007 DAP	5	4342	4010
GG100/2007 DAP	6	4361	4020
H13/2007 H/2	7	4209	3810
GG100/2007 H/2	8	4303	3986
Média		4304	3957

Fonte: AUTOR (2013).

Comparando os genótipos, o GG 100, na posição DAP obteve para PCS 4361 e para PCI 4020 kcal/kg, sendo estes resultados superiores ao híbrido H13 na mesma posição. Na posição H/2 o híbrido GG 100 obteve para PCS 4303 e para PCI 3986 kcal/kg, resultados superiores ao H13. Na Tabela 13, todos os valores encontrados de PCS foram inferiores ao sugerido no Anuário Brasileiro das Indústrias de Biomassa e Energias Renováveis (2012/2013). Em relação ao PCI, somente o H13, na posição H/2 obteve um resultado inferior sugerido.

4.5 RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA

O programa utilizado foi o SAS e os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias Tukey a 5% de probabilidade.

4.5.1 Análise de Variância para análise química imediata

Observamos a análise de variância (ANOVA) da análise química imediata (teor de umidade (W), teor de carbono fixo (F), teor de materiais voláteis (V) e teor de cinzas (A)), dos híbridos de *E. urograndis* H13 e GG100, em ambas as idades (Tabela

TABELA 14. Análise de variância da análise química imediata (W, F, V e A) dos híbridos de *E. urograndis*.

Efeito Principal						
Fator de estudo	GL	Quadrado Médio				
		W	F	V	A	
Ano	1	0,083*	2,982*	1,914*	0,134*	
Genótipo	1	1,694*	3,223*	5,054*	0,124*	
Ano*Genótipo	1	0,062*	6,301*	3,331*	0,523*	
Posição	1	0,177*	0,002	0,219*	0,272*	
Ano*Posição	1	0,052*	6,219*	5,090*	0,113*	
Genótipo*Posição	1	2,242*	0,061	0,043	0,224*	
Ano*Genótipo*Posição	1	3,632*	0,989*	0,432*	0,146*	
Bloco	2	0,045*	0,156	0,096*	0,010*	
R ²		0,99	0,89	0,86	0,98	
CV (%)		1,00	2,92	0,52	15,31	
Efeito Simples						
Ano	2007	3	0,50*	1,350*	0,595	0,462*
	2009	3	2,12*	4,481*	4,128*	0,032*
Genótipo	H13	3	0,953*	5,391*	3,208*	0,023*
	GG100	3	1,130*	0,518	0,469	0,474*
Posição	DAP	3	1,807*	1,231*	1,046*	0,022*
	H/2	3	0,781*	5,802*	4,242*	0,429*

Fonte: AUTOR (2013).

Na Tabela 14, temos diversas variáveis que são significativas a 5% de probabilidade, demonstradas pelo símbolo (*).

4.5.2 Teste de comparação de médias Tukey a 5% para análise química imediata

Temos o teste de comparação de médias Tukey a 5% para análise química imediata (teor de umidade (W), teor de carbono fixo (F), teor de materiais voláteis (V) e teor de cinzas (A)), dos híbridos de *E. urograndis* H13 e GG100, em ambas as idades (Tabela 15).

TABELA 15. Teste de comparação de médias tukey a 5% da análise química imediata (W, F, V e A) dos híbridos de *E. urograndis*.

Ano	Genótipo	Posição	W	F	V	A	
2007 6 anos	GG100	1	DAP	4,30 f	14,94 bc	84,88 bc	0,18 cd
		2	H/2	4,40 e	14,39 bcd	85,43 ab	0,18 cd
	H13	3	DAP	4,77 d	15,16 bc	84,57 c	0,27 abc
		4	H/2	5,20 c	13,57 d	85,44 abc	0,99 a
2009 4 anos	GG100	5	DAP	3,84 g	13,98 d	85,71 a	0,31 b
		6	H/2	5,31 b	14,70 cd	84,95 abc	0,35 ab
	H13	7	DAP	5,66 a	15,48 bc	84,41 c	0,11 d
		8	H/2	4,34 ef	16,83 a	82,94 d	0,23 c

* Letras iguais indicam igualdade estatística significativa a 5% de probabilidade. Letras diferentes indicam diferença estatística significativamente a 5% de probabilidade. Fonte: AUTOR (2013).

TEOR DE UMIDADE (W):

O genótipo H13, posição DAP é menor na idade de 6 anos e o contrário ocorre na posição H/2. O genótipo GG100, na posição DAP é maior na idade de 6 anos e o contrário ocorreu na posição H/2.

Na comparação entre os genótipos H13 e GG 100 diferem significativamente a 5% de probabilidade, em ambas as idades.

Comparando o genótipo H13, entre suas idades de coleta, diferem significativamente a 5% de probabilidade. O mesmo acontece com o genótipo GG 100.

TEOR DE CARBONO FIXO (F):

O genótipo H13, na posição DAP são iguais estatisticamente, em ambas as idades; na posição H/2 é maior na idade de 4 anos. O genótipo GG100, na posição DAP é maior na idade de 6 anos; na posição H/2 são iguais estatisticamente, em ambas as idades.

Na comparação entre os genótipos H13 e GG 100 são iguais significativamente a 5% de probabilidade, na idade de 6 anos. E na idade de 4 anos somente o genótipo H13, na posição H/2 que difere significativamente a 5% de probabilidade.

Comparando o genótipo GG 100, entre suas idades de coleta, são diferentes significativamente a 5% de probabilidade. No genótipo GG 100 são iguais.

TEOR DE MATERIAIS VOLÁTEIS (V):

O genótipo H13, na posição DAP são iguais estatisticamente, em ambas as idades; na posição H/2 é maior na idade de 6 anos. O genótipo GG100, na posição DAP é maior na idade de 4 anos, na posição H/2 são iguais estatisticamente, em ambas as idades.

Na comparação entre os genótipos H13 e GG 100 são iguais significativamente a 5% de probabilidade, na idade de 6 anos. E na idade de 4 anos somente o genótipo H13, na posição H/2 que difere significativamente a 5% de probabilidade.

Comparando o genótipo H13, entre suas idades de coleta, são diferentes significativamente a 5% de probabilidade. No genótipo GG 100 são iguais.

TEOR DE CINZAS (A):

O genótipo H13, na posição DAP e H/2 é maior na idade de 6 anos. O genótipo GG 100, na posição DAP e H/2 é maior na idade de 4 anos.

Na comparação entre os genótipos H13 e GG 100, na idade de 6 anos são iguais significativamente a 5% de probabilidade. Já na idade de 4 anos diferem.

Comparando o genótipo H13, entre as duas idades de coleta, difere somente no H13 posição DAP da idade de 4 anos. O genótipo GG 100 são todos iguais estatisticamente.

4.5.3 Análise de Variância (PCS, PCI, TL) dos híbridos de *E. urograndis*

Temos a análise de variância (ANOVA) para o poder calorífico superior (PCS) e inferior (PCI), e teor de lignina (TL) dos híbridos de *E. urograndis*, nos genótipos H13 e GG100 nas idades de 4 e 6 anos (Tabela 16).

TABELA 16. Análise de variância para poder calorífico superior (PCS), inferior (PCI) e teor de lignina (TL) dos híbridos de *E. urograndis*.

Fator de estudo		Efeito Principal			
		GL	Quadrado Médio		
			PCS	PCI	TL
Ano		1	22,041	11616,0	28,652
Genótipo		1	53298,375	57037,50	1,308
Ano*Genótipo		1	8626,041	150,0	16,72
Posição		1	469.001,041*	498.240,17*	6,364
Ano*Posição		1	202217,041	175446,0	0,657
Genótipo*Posição		1	214515,041	233248,17	12,815
Ano*Genótipo*Posição		1	137562,041	78890,66	3,945
Bloco		2	30927,166	30869,54	2,093
R ²			0,54	0,53	0,49
CV (%)			6,12	6,63	13,29
		Efeito Simples			
Ano	2007	3	-	-	-
	2009	3	-	-	-
Genótipo	H13	3	-	-	-
	GG100	3	-	-	-
Posição	1,3	3	-	-	-
	meio	3	-	-	-

Fonte: AUTOR (2013).

Na Tabela 16, temos duas variáveis que são significativas a 5% de probabilidade, demonstrada pelo símbolo (*).

4.5.4 Teste de comparação de médias Tukey a 5% (PCS, PCI, TL) dos híbridos de *E. urograndis*.

Na Tabela 17 temos o teste de comparação de médias Tukey a 5 % para o poder calorífico superior (PCS) e inferior (PCI), e teor de lignina (TL) dos híbridos de *E. urograndis*, nos genótipos H13 e GG100, nas idades de 4 anos e 6 anos.

TABELA 17. Teste de comparação de médias Tukey a 5%.

Ano	Genótipo	Posição		PCS	PCI	TL
2007 6 anos	GG100	DAP	1	4360 a	4020 a	21,94 a
		H/2	2	4302 a	3985 ab	17,82 a
	H13	DAP	3	4342 a	4010 ab	20,73 a
		H/2	4	4208 ab	3810 b	21,76 a
2009 4 anos	GG100	DAP	5	4432 a	4125 a	20,06 a
		H/2	6	4310 a	3978 ab	18,53 a
	H13	DAP	7	4641 a	4334 a	16,90 a
		H/2	8	3837 b	3563 b	16,85 a

* Letras iguais indicam igualdade estatística significativa a 5% de probabilidade. Letras diferentes indicam diferença estatística significativamente a 5% de probabilidade.

PODER CALORÍFICO SUPERIOR (PCS):

Para o genótipo H13 e GG 100, na posição DAP e H/2 são iguais significativamente, em ambas as idades.

Na comparação entre os genótipos H13 e GG 100, na idade de 6 anos são iguais significativamente a 5% de probabilidade. Na idade de 4 anos difere somente o H13, na posição H/2.

Na comparação do genótipo H13, entre as duas idades de coleta, são iguais. No genótipo GG 100 também.

PODER CALORÍFICO INFERIOR (PCI):

Para o genótipo H13 e GG 100, na posição DAP e H/2 são iguais significativamente, em ambas as idades.

Na comparação entre os genótipos H13 e GG 100, na idade de 4 e 6 anos são iguais significativamente a 5% de probabilidade.

Na comparação do genótipo H13, entre as duas idades de coleta, são iguais. No genótipo GG 100 também.

TEOR DE LIGNINA (TL):

Todas as amostras são iguais estatisticamente a 5% de probabilidade.

5 CONCLUSÃO

Ao longo do fuste ocorreram algumas variações, muitas até dentro do esperado. O mesmo genótipo, entre as duas idades analisadas teve resultados muito similares, levando a entender a possibilidade de antecipação na idade de corte. Estatisticamente, a principal variável para análise do potencial energético, que é o poder calorífico nos diz que são todos iguais. Analisando entre os genótipos, o H13 e o GG 100 há uma variação bem pequena.

Conclui-se que os resultados foram bons, nos parâmetros analisados, em ambas as idades e genótipos. Mas de uma forma geral, não permitiram recomendar a idade de corte mais adequada aos propósitos da empresa, necessitando de análises de outros parâmetros e uma maior quantidade de amostras.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF- Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico ABRAF 2013 – Ano Base 2012**. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>>. Acesso: 28/06/2013.

Anuário Brasileiro das Indústrias de Biomassa e Energias Renováveis. **Uso energético da biomassa**. 2012/2013. Disponível em:<<http://www.anuarioenergiasrenovaveis.com/>>. Acesso: 24/06/2013.

ALENCAR, G. S. B. **Estudo de qualidade da madeira para produção de celulose relacionada à precocidade na seleção de híbrido E. grandis x E. urophylla**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 145 p., 2002.

BARRETO, E. J. F.; RENDEIRO, G.; NOGUEIRA, M.; BRASIL, A. C. M.; CRUZ, D. O. A.; GUERRA, D. R. S.; MACÊDO, E. N.; ICHIHARA, J. A. **Combustão e gasificação de Biomassa sólida, soluções energéticas para a Amazônia**. Ministério de minas e energia. 1ª Edição. Brasília, 2008.

BEN- Balanço Energético Nacional 2013 – Ano base 2012. **Síntese do Relatório Final**. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2013_Web.pdf>. Acesso: 25/06/2013.

BRITO J. O.; CINTRA, T. A. **Madeira para energia no Brasil: realidade, visão estratégica e demandas de ações**. Biomassa & Energia. Viçosa, v. 1, n. 2, 157-163 p., 2004.

BRITO, J. O. **O uso energético da madeira**; Estudos Avançados 21 (59). Piracicaba/SP, 2007.

CIB - CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. **Guia do Eucalipto – Oportunidades para um desenvolvimento sustentável**. Junho/2008. Disponível em: <www.cib.org.br>. Acesso: 24/06/2013.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. **Caracterização da Biomassa**. Capítulo 2, pg. 32. In: CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. (Organização). Biomassa para Energia. Campinas/SP: Editora da Unicamp, 734 p., 2008.

COSTA, J. DE A. **Qualidade da madeira de Eucalyptus Urograndis, plantado no distrito federal, para produção de celulose Kraft**. Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Dissertação de Mestrado, Brasília/DF, Dez/2011.

COUTO, L. **Plantio adensado para a produção de biomassa em curta rotação**. Revista: Opiniões, Dez. 2011 – Fev. 2012, 38 p.

COUTO, L.; MULLER, M. D.; DIAS, A. N.; TSUKAMOTO FILHO, A. A.; FONSECA, E. M. B.; CORRÊA, M. R. **Espaços de plantio de espécies de rápido crescimento para dendroenergia**. Belo Horizonte: CEMIG, 2002, 66 p.

COUTO, L.; MULLER, M. D. **Florestas Energéticas no Brasil**. Capítulo 4, pg. 97. In: CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. (Organização). **Biomassa para Energia**. Campinas/SP: Editora da Unicamp, 734 p., 2008.

EMATER – Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural. **Projeto Cultivos Florestais – Madeira**, 2013. Disponível em: <<http://www.emater.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=54>>. Acesso: 26/06/2013.

FAO– Organizações das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura. **Anuário Estatístico 2013. Parte 4 – Dimensões da Sustentabilidade**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e04.pdf>>. Acesso: 3/07/2013.

FAO– Organizações das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura. **Situação das Florestas do Mundo**, 2011. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/download/i2000e.pdf>>. Acesso: 3/07/2013.

FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood: chemistry, ultrastructure, reactions**. Berlin: Walter de Gruyter, 1989. 613 p.

FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. **Método para Determinação da Densidade Básica de cavacos para coníferas e folhosas**. IPEF, Piracicaba, 65-74, 1971.

FOELKEL, C. E. B.; MORA, E.; MENOCELLI, S. **Densidade básica: sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose**. In: Congresso Florestal Brasileiro, 6, Campos do Jordão, p. 719-728, 1990. **Anais**.

GARLIPP, R.; FOELKEL, C. **O papel das florestas plantadas para atendimento das demandas futuras da sociedade**. Position paper da SBS apresentado no XIII Congresso Florestal Mundial / FAO Buenos Aires – Argentina, 18 a 23 de outubro de 2009. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/destaques_POSITIONPAPER.pdf>. Acesso: 17/07/2013.

GONÇALVES, E. L. **A energia da floresta**. Revista: Opiniões, Dez. 2011 – Fev. 2012, 38 p.

GUALDA, N. L.; TAVARES, A. Z. **As transformações da economia paranaense como determinante de sua nova base produtiva**. Seminário Itinerante de Economia Paranaense. Toledo, 2003.

GUERRA, S. P.; LANÇAS, K. **Sistema florestal de curta duração**. Revista: Opiniões, Dez. 2011 – Fev. 2012. Disponível em: <<http://www.revistaopinioes.com.br/cp/materia.php?id=791>>. Acesso: 18/05/2013.

JARA, E. R. P. **O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 1989.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. de. **Química da madeira**. UFPR, Curitiba, 2005.

LEONEL, M. H. **Florestas para a energia do futuro**. Revista: Opiniões, Dez de 2011- Fev. de 2012; 38 p.

LORA, E. E. S. **Perspectivas da utilização da biomassa com fins energéticos**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 26; Simpósio: Tecnologia e Aplicação Racional de Energia Elétrica e de Fontes Renováveis na Agricultura. Campina Grande: UFPB, 1997.

MOURA, A. L. & GARCIA, C. H. **A Cultura do Eucalipto no Brasil**. São Paulo/SP, 2000.

NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. E. S. **Dendroenergia: Fundamentos e Aplicações**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003; 199 p.

OLIVEIRA, J. T. DA S.; HELLMEISTER, J. C.; SIMÕES, J. W.; TOMAZELLO FILHO, M. **Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil: 1 – avaliações dendrométricas das árvores**. Revista: Scientia Forestalis, n, 56, p. 113-124, Dez/1999. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr56/cap08.pdf>>. Acesso em 02/07/2013.

PEREIRA Jr, V. B. **Alternativas para co-geração de energia em uma indústria de chapas de fibra de madeira**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Botucatu: UNESP, 2001. 100 p.

PINHEIRO, A. L. **Considerações sobre taxonomia, filogenia, ecologia, genética, melhoramento florestal e a fertilização mineral e seu reflexos na anatomia da madeira**. 1ª ed., Editora: UFV, Viçosa/MG, 1999; 144 p.

PINHEIRO, D. G. **Caracterização química, física e térmica de pellets de madeira produzidos no Brasil**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2010.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia**. 2º ed. São Paulo: Edgard Brücher, 1981, 294 p.

RICHARDSON, J.; BJORHEDEN, R.; HAKKILA, P.; LOWE, A. T.; SMITH, C. T. **Bioenergy from sustainable forestry**. Guiding principles and practice. Forestry Sciences, v. 17, Kluwer Academic Publishers, 2002, 364 p.

ROCHA, M. P. **Laudo Técnico para caracterização de madeiras do gênero *Eucalyptus***. FUPEF, Dez./2010

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex: Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden com fontes de matéria-prima para serrarias.** Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), UFPR/Curitiba, 2000, 186 f.

RUY, O. F.; FERREIRA, M.; TOMAZELLO FILHO, M. **Variação da qualidade da madeira entre grupos fenotípicos de clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake da Ilha de Flores, Indonésia.** Scientia Forestalis, n. 60, 2001, p. 21-27.

SANTOS, S. R. DOS; SANSÍGOLO, C. A. **Influência da Densidade Básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* na qualidade da polpa branqueadora.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 17, n. 1, p. 53-63, Janeiro-Março/2007. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/cienciaflorestal/artigos/v17n1/A7V17N1.pdf>>. Acesso: 02/07/2013.

SILVA, C. H.; LOPES, B. M. **Energia: pilar para o desenvolvimento humano.** Revista: Opiniões, Dez. 2011 – Fev. 2012. Disponível em: <<http://www.revistaopinioes.com.br/cp/materia.php?id=795>>. Acesso: 06/05/2013.

SILVA, H. D. **O projeto florestas energéticas.** Revista: Opiniões, Jun-Ago/2008. Disponível em: <<http://www.revistaopinioes.com.br/cp/materia.php?id=228>>. Acesso: 11/05/2013.

SILVA, H. D. DA; FERREIRA, C. A.; PALUDZYSZYN FILHO, E.; TELLES, P. E. SANTANA, D. L. Q.; AUER, C. G.; BELLOTE, A. F.; FERRARI, M. P.; WENDLING, I.; DEDECEK, R. A. **Trabalhador em Reflorestamento: Cultivo de Eucalipto.** Curitiba: SENAR/PR, 2005, 60 p.

SILVA, H. D. DA; POGGIANI, F.; COELHO, L. C. **Biomassa, concentração e conteúdo de nutrientes em cinco espécies de *Eucalyptus* plantadas em solos de baixa fertilidade.** Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 6/7, p. 9-25, Jun/Dez, 1983.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* HILL ex. MAIDEN, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** Dissertação (Doutorado em Ciência Florestal), UFPR. Curitiba, 2001.

SILVA, J. C.; CASTRO, V. R. DE; XAVIER, B. A. **Eucalipto Manual Prático do Fazendeiro Florestal: produzindo madeira com qualidade.** 2ª ed. Viçosa, 2008; 72p.

SNIF – Sistema Nacional de informações Florestais. **Cadeia Produtiva.** Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/cadeia-produtiva>>. Acesso em: 11/06/2013.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, D. A. DA; FRAZÃO, F. J. L.; MATOS, J. L. M. DE; **Comparação de Métodos de Determinação da Densidade Básica em Madeira.** ACTA Amazônica, 20: 307-319, 1990.

VIEIRA, S.; HOFFMANN, R. **Estatística experimental**. São Paulo: Atlas, 1989, 175 p.

VELOSO, P. D.; MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A. **Isolamento e análise estrutural das ligninas**. Departamento de Química - UFUB e UFMG, Belo Horizonte/MG. 1992.

ZANI FILHO, J. **Florestas implantada: um grande negócio**. Revista: Opiniões, Dez. 2011 – Fev. 2012, 38 p.

XAVIER, A. **Silvicultura clonal em *Eucalyptus***. Revista Madeira, 2003, 46-53 p. (edição especial).