

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LIGNINA EM CLONES DE *Eucalyptus* sp.

IVANA AMORIM DIAS

Cruz das Almas, Fevereiro de 2019.

IVANA AMORIM DIAS

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LIGNINA EM CLONES DE *Eucalyptus* sp.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, pela discente Ivana Amorim Dias, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal sob orientação do Prof. Dr. Clair Rogério da Cruz.

Cruz das Almas, Fevereiro de 2019.

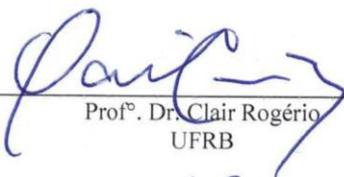
IVANA AMORIM DIAS

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LIGNINA EM CLONES DE *Eucalyptus* sp.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, pela discente Ivana Amorim Dias como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Aprovado em: 07, 02, 2019

BANCA EXAMINADORA



Prof.º Dr. Clair Rogério
UFRB



Prof.º Dr. Liniker Fernandes da Silva
UFRB



Prof.º Dr. José Mauro de Almeida
UFRB

Cruz das Almas - BA, fevereiro de 2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela força, coragem e proteção.

À minha família, por todo apoio e cuidado para a realização do meu sonho, que se tornou o sonho de todos.

À minha mãe Suely por todo o suporte, à minha tia Vanesa pelos conselhos e toda a ajuda e à minha irmã Verena pela compreensão.

Ao meu namorado e amigo José Elias por cada palavra de apoio e cada crítica.

Às minhas amigas-irmãs Jacque, Nai e Taíse, sem vocês o caminho teria sido mais pedregoso.

Às companheiras de laboratório Verena e Luise, cuja as gargalhadas tornaram o trabalho menos árduo.

Ao meu orientador, professor Dr. Clair Rogério pela sua compreensão e paciência no decorrer de todo o trabalho e pelos ensinamentos acadêmicos e empíricos que levarei para a vida.

Aos funcionários do Complexo de Engenharia Florestal pela solicitude no período de estudos.

A cada pessoa que ajudou direta ou indiretamente no decorrer da minha graduação e na finalização do meu trabalho de conclusão de curso. Vocês são anjos!

De todo o meu coração, obrigada a todos!

“Nunca deixe que lhe digam que
não vale à pena acreditar no sonho que se
tem [...]. Quem acredita sempre alcança!”

Renato Russo

RESUMO

O *Eucalyptus* sp. possui lenho de excelente qualidade para as diversas finalidades no setor florestal, dentre elas, o carvoejamento. O teor de lignina está intrinsecamente ligado à densidade da madeira, influenciando positivamente no carvão resultante, visto que aumenta o seu poder calorífico. Este estudo objetivou determinar o teor de lignina presente em diferentes posições longitudinais de 11 (onze) genótipos implantados no nordeste da Bahia. Foram coletadas três árvores médias de 11 (onze) materiais genéticos, de acordo com o inventário florestal da área. As amostras foram encaminhadas para o laboratório de tecnologia da madeira da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia onde foram preparadas. Foram retirados os extrativos da madeira utilizando-se de álcool tolueno, álcool etílico e água quente. Posteriormente, as amostras foram submetidas ao método de determinação do teor de lignina Klason modificado, onde os teores de lignina insolúvel e solúvel foram determinadas para obtenção do teor de lignina total. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente e o material genético 4 (quatro) e 5 (cinco) apresentaram maior e menor teor de lignina respectivamente, enquanto a posição longitudinal correspondente à base do fuste demonstrou maior concentração de lignina em decorrência da sua formação no início da vida da árvore.

Palavras-chave: Análise química, Posição longitudinal, Madeira

ABSTRACT

The Eucalyptus sp. has an excellent quality of wood to many finalities on the forest sector, among them, the making of charcoal. The percentual of lignin is intrinsically connected to the density of the wood, influencing positively the resulted charcoal, seen that it intensifies the calorific power. This study objectified to determine the percentual of lignin present in different longitudinal positions of 11 (eleven) genotypes implemented in the northeast of Bahia. 11 (eleven) genetics with a DBH (diameter at breast height) variating until four centimeters on the average settlement were collected from three medium trees. The samples were forwarded to the wood tech lab of the Universidade Federal do Recôncavo da Bahia where they were grounded in sieves to, after, be submitted to the modified Klason percentual of lignin determination method and the data were analyzed statically. The genetic material 4 (four) and 5 (five) presented, respectively, higher and lower lignin percentual, while the longitudinal position corresponding to the base of the shaft presented a higher concentration of lignin in consequence of its formation on the tree's beginning life.

Key-words: Chemical Analise, Longitudinal Position, Wood.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVO	10
3. REVISÃO DE LITERATURA	10
3.1 <i>Eucalyptus</i> sp.	11
3.2 LIGNINA	12
3.3 CARVÃO VEGETAL PARA A SIDERURGIA	11
4. METODOLOGIA	13
4.1 MATERIAL EXPERIMENTAL	13
4.2 PREPARO DAS AMOSTRAS	14
4.3 ANÁLISES DE DADOS	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
6. CONCLUSÕES	19
7. REFERÊNCIAS	20

1. INTRODUÇÃO

A adaptabilidade e as propriedades da madeira do gênero *Eucalyptus* propiciaram a sua utilização como matéria-prima para os mais diversos produtos, sobretudo no Brasil, onde as condições edafoclimáticas permitem seu rápido crescimento, contribuindo para o desenvolvimento do setor florestal no país.

A tecnologia nos tratamentos silviculturais e o melhoramento genético realizado em espécies e híbridos do *Eucalyptus* sp. resultaram na sua utilização como o principal insumo para os produtos madeireiros e no gênero mais implantado em território brasileiro. Segundo o IBGE (2017), existiam 7,4 milhões de hectares implantados no país para os mais diversos fins, entre eles a indústria de celulose, moveleira, farmacêutica, construção civil e o setor energético.

A utilização da madeira de *Eucalyptus* sp. como principal fonte de matéria-prima para o setor energético, deve-se, dentre outras razões, as suas propriedades químicas, físicas e mecânicas que a tornam propícia para processo de carvoejamento. Dentre as características que garantem o êxito na utilização de lenho deste gênero, destaca-se a alta densidade presente nas espécies e híbridos destinados a produção energética, gerando um carvão com alto poder calorífico (SANTOS, 2008).

O Brasil é o único país do mundo a produzir ligas metálicas reduzidas a partir de carvão vegetal. A indústria siderúrgica nacional adotou esse insumo como principal redutor de ligas metálicas impactando diretamente na economia do país, cuja cadeia produtiva está ligada ao setor florestal (CALAIS, 2009).

De modo geral, madeiras mais densas produzem carvões com maior rendimento gravimétrico. Esta característica física é uma resposta a diversas características da madeira, entre elas a densidade, que por sua vez está diretamente ligada ao teor de lignina presente na lamela média e na parede secundária das fibras da madeira. A lignina é um componente químico de natureza hidrofóbica que age impermeabilizando e conferindo rigidez à célula e, por conseguinte torna a madeira mais resistente.

Conhecer o teor de lignina presente na madeira se faz necessário, visto que este é um parâmetro de qualidade da madeira para diversos fins, elucidando a produção de carvão vegetal em razão da sua relação com o rendimento gravimétrico do mesmo.

2. OBJETIVO

Determinar o teor de lignina, assim como a variação longitudinal desse componente no tronco de clones de *Eucalyptus* sp. implantados na região nordeste da Bahia.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 *Eucalyptus* sp.

Os plantios de florestas no Brasil começaram há mais de um século. Em 1903, o pioneiro Navarro de Andrade trouxe mudas de *Eucalyptus* sp. para plantios que produziram madeira para dormentes das estradas de ferro (SNIF, 2018).

O *Eucalyptus* sp. é um gênero com espécies arbóreas pertencentes à família das Myrtaceae, oriundo da Austrália. Possui grande número de espécies e, devido ao melhoramento genético atrelado ao avanço da silvicultura, possui grande variedade de híbridos, capazes de adaptarem-se às mais diversas condições edafoclimáticas e apresentarem rápido crescimento. Tais características transformaram o *Eucalyptus* sp. no principal gênero de plantio comercial para a produção de celulose, madeira e carvão (OLIVEIRA,2016).

A importância deste gênero está representada pela vasta área ocupada por plantios no Brasil, que preencheram em 2017 em torno de 7,4 milhões de hectares. Das finalidades dadas a esta madeira, a produção destinada ao setor siderúrgico ocupa a terceira posição (IBGE, 2018).

O *Eucalyptus* sp. é o mais implantado no Brasil para a industrialização da madeira, graças as suas propriedades de grande plasticidade ambiental e alta produtividade (SANTOS, 2010). A flexibilidade na utilização da madeira permite uma vasta gama de produtos finais devido à alta qualidade da matéria-prima propiciadas pelas características físicas, químicas, anatômicas e mecânicas (FREDERICO, 2009).

O interesse pela utilização de madeira de novas espécies e clones do gênero *Eucalyptus* sp., para produção de energia e carvão vegetal, vem aumentando significativamente em decorrência da busca de melhores rendimentos de produção e melhores propriedades da madeira destinada a esses fins (VIEIRA JUNIOR, 2013).

Nos 15 Estados brasileiros onde existem plantio comercial de indivíduos do gênero *Eucalyptus* sp., cerca de 15,2% destinam-se à produção de carvão vegetal visando a siderurgia. Este ramo florestal baseia-se na madeira advinda de *Eucalyptus* sp. em razão das suas características de rápido crescimento e alta produtividade. As espécies e híbridos implantados para esta finalidade possuem alta densidade, garantindo um carvão renovável e de boa qualidade (IBÁ, 2015).

3.2 LIGNINA

A lignina é um dos principais componentes dos tecidos das gimnospermas e angiospermas, atuando no transporte de metabólitos e água (FENGEL; WEGENER, 1984). Trata-se de um componente químico aromático composto por cadeias irregulares e complexas de fenilpropano. Origina-se da polimerização desidrogenativa de três monômeros de fenilpropanóides, através de ação enzimática (VITAL; CARNEIRO; PEREIRA, 2013). Está presente na lamela média e na parede secundária das fibras e possui alta abundância, sendo a segunda molécula orgânica mais presente na natureza. Tem natureza hidrofóbica e exerce função adesiva para as fibras, conferindo rigidez à parede celular (PETTERSEN, 1984; ROWELL *et al.*, 2005).

A função da lignina no lenho é proteger o vegetal de ataque de patógenos, bem como conferir resistência mecânica, porém a sua proteção resulta na morte celular por inanição (RUBIN, 2008). A estrutura da lignina varia de acordo com a sua localização na madeira, fatores topoquímicos podem afetar no teor e na formação (ROWELL *et al.*, 2005).

A lignina está diretamente ligada à densidade da madeira, resultando em maior resistência mecânica (TRUGILHO, 2001). Madeiras com maior teor em lignina resulta em carvão com maior poder calorífico devido ao seu alto teor de carbono na constituição, cerca de 50% maior (VITAL; CARNEIRO; PEREIRA, 2013).

Propriedades químicas ideais do carvão, maiores teores de carbono fixo, e menores teores em substâncias voláteis e cinzas estão associadas à madeira com altos teores de lignina, para determinadas condições de carbonização (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

3.3 CARVÃO VEGETAL PARA A SIDERURGIA

O carvão vegetal é um biomaterial proveniente da queima da madeira sob controle dos teores de oxigênio, que consiste em submeter à madeira a temperaturas superiores a 200 °C com o objetivo de volatilizar componentes químicos, concentrando o teor de carbono (SIMETTI, 2016).

O Brasil é o país onde mais se utiliza energia renovável, dentre elas o carvão vegetal, que em sua maior parte é destinado à produção de metais. Em 2017 a

participação da indústria siderúrgica de foi de 2,6 bilhões de reais na economia nacional (IBGE, 2017). Segundo o IBÁ (2017), existem mais de 120 indústrias siderúrgicas que produzem carvão vegetal para a fabricação de ferro-gusa, ferro-liga e aço, sendo responsável por 14% das áreas plantadas no país.

A utilização da madeira para geração de energia não está condicionada pela espécie, pois qualquer material lenhoso pode ser convertido em carvão. Todavia, características como teor de lignina e densidade podem determinar o material mais indicado para esta finalidade (BRUN *et al.*, 2018).

Para Brito (1977), o teor de lignina influência sensivelmente no rendimento gravimétrico do carvão bem como no teor de carbono fixo. Quanto maior o teor de carbono fixo maior será a produtividade dos alto-fornos (SANTOS, 2008).

4. METODOLOGIA

4.1 MATERIAL EXPERIMENTAL

O material utilizado para realização do estudo foi proveniente de povoamentos florestais implantados no Nordeste Bahia. Para a seleção das árvores foi utilizado como variável o diâmetro médio do povoamento, obtido através de inventário florestal.

Foram criadas faixas de diâmetro aceitáveis com o DAP (diâmetro à altura do peito) variando até quatro mm em torno do diâmetro médio de inventário. Foram coletados três árvores médias de 11 materiais genéticos descritos na Tabela 1. . Foram realizadas análises de 10 determinações do teor de lignina da madeira em cada árvores coletada, sendo duas em cada altura (repetição), correspondentes a 0% (base), 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial, totalizando 330 determinações.

Tabela 1- Descrição dos materiais genéticos de *Eucalyptus* sp. coletados na região nordeste da Bahia.

Material genético	Espécie	Situação Florestal
1	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	Sem informação
2	<i>E. urophylla</i>	Sem informação
3	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	Implantação
4	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	Reforma
5	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	Reforma
6	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	Implantação
7	<i>E. urophylla</i>	Implantação
8	<i>E. pellita</i>	Implantação
9	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	Implantação
10	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	Implantação
11	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	Implantação

4.2 PREPARO DAS AMOSTRAS

As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no campus de Cruz das Almas – Bahia para realização das análises.

Foi realizada a separação da casca dos discos e em seguida foram picados em cavacos e moídos em moinho Willey. Depois de moídas, as amostras foram classificadas entre as peneiras de 40 e 60 mesh. As amostras foram submetidas ao processo de secagem ao ar até atingir uma umidade média de 10,5%.

Foram pesadas aproximadamente 2g de cada amostra para a retirada dos extrativos totais. Para isso, as amostras foram lavadas utilizando o aparelho soxhlet, em soluções de álcool tolueno (2:1) por um período de seis horas e em álcool etílico PA por mais quatro horas. Em seguida, as amostras foram lavadas com 500 ml de água quente, de acordo com a metodologia de quantificação da lignina pelo método de Klason modificado citada por Gomide e Demuner (1986).

Após a secagem, as amostras livres de extrativos foram pesadas 0,3 g a.s. seguida da adição de três ml de ácido sulfúrico 72% e com resfriamento a 10°C. Em seguida, foi realizada a imersão em banho-maria a 30°C por 60 minutos, homogeneizando a mistura com frequência.

Passado o tempo de homogeneização, as amostras solubilizadas em ácido sulfúrico foram transferidas para frascos vidros de 100 ml com 84 ml de água destilada. Os recipientes foram vedados com tampa de borracha e lacre de alumínio para serem

submetidos à pressão em uma panela de pressão convencional por um período de 60 minutos a partir do início da fervura.

Posteriormente, as amostras foram filtradas em cadinhos de vidro sinterizados com placa porosa (Nº 2), previamente cobertos com óxido de alumínio e tarados. Durante a filtração foram coletadas amostras do líquido residual para diluição em água destilada até completar 1000 ml. Em seguida, uma amostra de 100 ml desta solução foi submetida à leitura de absorvância através de um espectrofotômetro no comprimento de onda 215nm e em seguida no comprimento de onda 280nm para determinação da lignina solúvel. A amostra em branco foi obtida a partir da mistura de 3 ml de ácido sulfúrico em 1000 ml de água.

Após a filtragem, os cadinhos foram submetidos à secagem em estufa a 40°C por 24 horas, com alternância para 105 °C por 4 horas e finalmente resfriados em dessecador até a temperatura ambiente. A massa residual da lignina insolúvel foi pesada em balança analítica e para estimar o teor de lignina total foi realizada a soma de lignina solúvel e insolúvel.

4.3 ANÁLISES DE DADOS

Os dados foram analisados com base no peso obtido após a secagem do cadinho sinterizado, no qual foi aplicado na equação matemática, onde:

$$TLI (\%) = \left(\frac{\text{Cad Lig Ins} - T}{0,3g AS} \right) * 100$$

TLI (%) = teor em porcentagem de lignina insolúvel;
CadLigIns = cadinho com a massa residual de lignina;
T = peso inicial do cadinho;
AS= peso da amostra absolutamente seca.

O valor obtido através da leitura realizada pelo espectrofotômetro na solução residual da filtração foi aplicado à equação para obtenção do teor de lignina insolúvel, onde:

$$\text{TLS (\%)} = \frac{(4,53 * (A215 - A280)) * 100}{300 * P}$$

A215 = Absorbância do filtrado a 215 nm;

A280 = Absorbância do filtrado a 280 nm;

P = Peso da amostra seca em gramas.

Os dados foram submetidos à análise de variância e os tratamentos comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância utilizando qual software estatístico Sisvar.

O teor total de lignina presente na madeira corresponde a soma do teor de lignina solúvel e o teor de lignina insolúvel.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão dispostos os dados referentes ao teor de lignina em diferentes posições longitudinais na madeira de *Eucalyptus* sp., assim como a média geral por árvore.

Tabela 2- Valores médios de teor de lignina nos diferentes materiais genéticos e em diferentes posições longitudinais no tronco de *Eucalyptus* sp.

Teor de lignina						
Material genético	Posição Longitudinal (%)					Média
	0	25	50	75	100	
1	29,3	28,3	27,0	30,0	27,6	28,4
2	26,7	25,7	25,0	25,0	26,7	25,8
3	30,3	27,3	28,7	29,0	26,3	28,3
4	30,3	27,3	28,3	29,0	30,3	28,7
5	27,0	23,0	22,7	24,7	26,3	24,7
6	27,0	25,0	26,0	25,0	27,0	26,0
7	31,0	27,3	27,0	25,0	25,3	27,1
8	32,0	28,3	27,7	26,7	26,0	28,1
9	25,3	26,7	25,3	27,0	25,0	25,9
10	26,7	23,0	25,7	24,7	24,7	24,9
11	28,3	27,0	27,3	25,3	26,3	26,9

De acordo com os resultados obtidos, o material genético que apresentou maior teor de lignina foi o número 4 (*E. urophylla* x *E. grandis* reforma) e o menor foi o número 10 (*E. urophylla* x *E. grandis* implantação). Esses valores são semelhantes aos

resultados de referência citados por Gomide, *et al.* (2005), que apresentaram entre 27,5% e 31,7%.

Os resultados obtidos corroboram com os dados apresentados por Silva *et al.* (2005), que constatou um aumento do teor de lignina da madeira com a idade, justificando que o maior teor de lignina foi encontrado na posição longitudinal 0%, que representa a base da árvore, onde encontra-se uma porção maior de madeira que se desenvolveu desde os primeiros anos após o plantio.

Na Tabela 3, encontram-se os valores obtidos referentes à influência do material genético e da posição longitudinal, além da interação desses dois fatores no teor de lignina da madeira.

Tabela 3- Análise de variância do teor de lignina em função de diferentes materiais genéticos e posição longitudinal no tronco. FV (Fator de variação); GL (Grau de liberdade); QM (Quadrado médio); ** (significativo); ns (não significativo).

FV	GL	QM
Clone	10	31,53**
Posição longitudinal	4	31,00**
Clone x Posição longitudinal	40	4,24
Erro	110	

CV (%) = 8,10

Na Tabela 3, observa-se a existência de variação estatística significativa entre materiais genéticos e entre posições longitudinais, isso significa que pelo menos um material genético e uma posição longitudinal se diferenciam das demais. A interação entre material genético e posição longitudinal não apresentou variação estatística significativa. A não significância da interação mostra que o comportamento longitudinal do teor de lignina não difere entre materiais genéticos.

Na Tabela 4, as médias do teor de lignina na madeira em valores absolutos estão tabuladas de forma crescente para cada material genético. As médias acompanhadas da mesma letra não apresentam diferenças estatísticas significativas.

Tabela 4 – Teste de comparação de médias da lignina, entre clones, na madeira de *Eucalyptus* sp.

Clones	Médias Lignina %	Resultado do teste de Tukey			
5	24,7	A			
10	24,9	A			
2	25,8	A	B		
9	25,9	A	B	C	
6	26,0	A	B	C	
11	26,9	A	B	C	D
7	27,1	A	B	C	D
8	28,1		B	C	D
3	28,3		B	C	D
1	28,4			C	D
4	28,7				D

Quando analisados os dados tabulados na Tabela 5, onde estão às médias de todos os clones, observou-se que a posição longitudinal 0%, correspondente a base da árvore apresentou maior média de teor de lignina na madeira.

Tabela 5 – Teste de comparação de médias do teor de lignina da madeira entre posições longitudinais na madeira, de *Eucalyptus* sp.

P. longitudinal	Médias Lignina %	Resultado do teste de Tukey	
50	26,3	A	
25	26,3	A	
75	26,5	A	
100	26,5	A	
0	28,5		B

Ao observar Tabela 5, nota-se relevância estatística apenas para a posição longitudinal 0%, isto pode ser justificado pela maior média do teor de lignina apresentada pela base da árvore nos genótipos que ao serem somadas apontaram significância estatística.

6. CONCLUSÕES

O teor de lignina varia de acordo o material genético e posição longitudinal no fuste.

O maior teor de lignina foi encontrado no material genético 4, os materiais genéticos 5 e 10, por sua vez apresentaram os menores teores de lignina. Existe tendência dos materiais genéticos apresentarem maiores teores de lignina na base das árvores.

7. REFERÊNCIAS

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: 1., densidade e teor de lignina da madeira de eucalipto. **IPEF**, Piracicaba, v. 14, p. 9-20, jul. 1977.

BRUN, E.J.; BERSCH, A.P.; PEREIRA, F.A.; SILVA, D. A.; BARBA, Y.R.; DORINI, J.R. **Caracterização energética da madeira de três materiais genéticos de *Eucalyptus* sp.** Floresta, Curitiba, PR, v. 4 . n.1, p.87-92, jan./março 2018.

CALAIS, D. **Florestas energéticas no Brasil: Demanda e disponibilidade.** Associação Mineira de Silvicultura – MAS, 23 p., 2009. Disponível em: <http://silviminas.com.br/wp-content/uploads/2012/12/publicacao585>. Acesso em: 30 de set. 2018.

ELYOUNSSI, K.; BLIN, J. L.; HALIM, M. High-yield charcoal production by two-step pyrolysis. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, Amsterdam, v. 87, n. 1, p. 138-143, Jan. 2010.

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

FREDERICO, P. G. U. **Efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal.** 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C. SILVA, C. M. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.129-137, 2005.

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. **O Papel**, v. 47, p. 36-38, 1986.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA R. C. SILVA, C. M. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *eucalyptus* do Brasil. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.129-137, 2005.

IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Ibá 2017**, São Paulo, 33 p, 2017.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Ibá 2015**, Brasília, 96p, 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Produção Agrícola xls**. Disponível em:< http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso: 28 nov. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Produção Agrícola xls**. Disponível em:< http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso: 30 dez. 2018.

MONTEIRO, M. D. A. **Em busca de carvão vegetal barato: o deslocamento de siderúrgicas para a Amazônia**. Novo Caderno NAEA- Núcleo de Altos Estudos da Amazônia, Belém, v. 9, n. 2, p. 55-97, 2006.

PEREIRA, A. B.; MARQUES JÚNIOR, O. G.; RAMALHO, M. A. P.; ALTHOFT, P. **Eficiência da seleção precoce em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., avaliadas na região noroeste do estado de Minas Gerais**. Cerne, Lavras, v. 3, n. 1, p. 67-81, 1997

PETTERSEN, R.C. **The chemical composition of wood**. In: ROWELL, R.(ed). The chemistry of solidwood. Washington, American Chemical Society, 1984. p.54- 126.

OLIVEIRA, A. S. **Propagação clonal de eucalipto em ambiente protegido por estufins: produção, ecofisiologia e modelagem do crescimento das mini estacas**. 79 p. 2016. Monografia de Graduação, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais.

PHILIPP, P.; D'ALMEIDA, M. L. O. **Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica**. 2. ed. São Paulo: IPT, 1988. 964 p.

SATANOKAS, S. - 1963 - **Hokkaido Daigaku, enshurinHokuku**, 22(2): 609-814.
From: C.A.

SANTOS, R. C. **Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto**. 121 f. Tese - (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

ROWELL, R. M.; PETTERSEN, R.; HAN J.S.; TSHABALALA, M. A. **Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. Capítulo 03: Cell Wall Chemistry**. New York: Taylor & Francis Group, 2005.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. **Influência da idade nas características físico-químico e anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna***. Revista Cerne v. 2, n.1,1996.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MORI, F.A; LINO, A.L. Avaliação de clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v.7, n.2, p.104–114, 2001.

RUBIN, Edward. Genomics of cellulosic biofuels. **Nature**, Londres, Inglaterra, v.454, f.7206, p.841-846, Agosto 2008.

SANTOS, I. D. **Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica, contração da madeira nos rendimentos e densidade do carvão vegetal em cinco espécies lenhosas do cerrado**. 57 p. 2008. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Brasília. Brasília, Distrito Federal.

SANTOS, R. C. **Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto**. 2010. 173f. Tese de doutorado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2010.

SIMETTI, R.; **Biomassa de cinco espécies de *Eucalyptus* para uso como biocombustível. 2016.** Monografia de Graduação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.

SILVA, L. M. ALQUINI, Y. CAVALLET V. J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botanica Brasilica 19(1):** 183-194, 2005.

VIEIRA JÚNIOR, J. G. **Análise e caracterização do carvão vegetal de cinco clones comerciais de *Eucalyptus*.**2013.61 p.Curitiba-PR.

VITAL, B. R.; CARNEIRO, A. C. O.; PEREIRA, B. L. C. Qualidade da madeira para fins energéticos. In: Santos, F.; Colodette, J.; Queiroz, J. H. (Org.). **Bioenergia & Biorrefinaria: Cana-de-Açúcar & Espécies Florestais.** 1 ed.Visconde do Rio Branco: Suprema, 2013, v. 1, p. 321-354.