

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 11/12/2021.

**WILLYAM DE LIMA VIEIRA**

**PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS, CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E  
CONSTITUINTES QUÍMICOS DA MADEIRA DE *Corymbia citriodora* (HOOK.) K. D.  
HILL & L. A. S. JOHNSON EM TRÊS TIPOS DE SOLO**

**Botucatu**

**2019**



**WILLYAM DE LIMA VIEIRA**

**PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS, CARACTERÍSTICAS  
ANATÔMICAS E CONSTITUINTES QUÍMICOS DA MADEIRA DE *Corymbia  
citriodora* (HOOK.) K. D. HILL & L. A. S. JOHNSON EM TRÊS TIPOS DE SOLO**

Tese apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da Unesp  
Câmpus de Botucatu, para obtenção  
do título de Doutor em Ciência  
Florestal

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Luiz  
Longui

**Botucatu**

**2019**

V658p

Vieira, Willyam de Lima

Propriedades físicas e mecânicas, características anatômicas e constituintes químicos da madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L. A. S. Johnson em três tipos de solo / Willyam de Lima Vieira. -- Botucatu, 2019

124 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientador: Eduardo Luiz Longui

1. Densidade da madeira. 2. Índice de uniformidade. 3. Qualidade da madeira. 4. Retenção de água. 5. Textura do solo. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS, CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E  
CONSTITUINTES QUÍMICOS DA MADEIRA DE *Corymbia citriodora* (HOOK.) K.D. HILL & L.A.S.  
JOHNSON EM TRÊS TIPOS DE SOLO

AUTOR: WILLYAM DE LIMA VIEIRA

ORIENTADOR: EDUARDO LUIZ LONGUI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIÊNCIA  
FLORESTAL, pela Comissão Examinadora:

Pesquisador Dr. EDUARDO LUIZ LONGUI  
Divisão de Dasonomia / Instituto Florestal do Estado de São Paulo

Prof. Dr. ADRIANO WAGNER BALLARIN  
Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu - UNESP

Prof. Dr. IRAÊ AMARAL GUERRINI  
Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu - UNESP

Prof. Dr. FRANCIDES GOMES DA SILVA JUNIOR  
Ciências Florestais / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

Prof. Dr. GUSTAVO VENTORIM  
Engenharia Industrial Madeireira / UNESP - Campus Experimental de Itapeva

Botucatu, 11 de dezembro de 2019.



*À minha amada esposa,*

*Luciana,*

*dedico*





## AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus queridos pais, irmãos, avó, familiares e amigos pelo apoio incondicional.

Ao Prof. Dr. Eduardo Luiz Longui, pela orientação, colaboração, ensinamentos, paciência, apoio emocional e exemplo de professor e profissional.

Aos professores doutores, Adriano Wagner Ballarin, Iraê Amaral Guerrini e à professora doutora Carmen Regina Marcati (Unesp-FCA), Miguel Luiz Menezes Freitas, Márcio Rossi (Instituto Florestal de São Paulo - IF), Francides Gomes da Silva Júnior e Mário Tommasiello Filho (USP-EsalQ), pelas contribuições na condução experimental, metodológica e descritiva desta tese.

Ao pesquisador científico Dr. Israel Luiz de Lima do IF de Luiz Antônio/SP e à ajuda e disposição do corpo técnico de funcionários nas coletas das amostras de madeira.

Aos técnicos Ailton de Lima Lucas (Unesp-FCA), Sonia Regina Godoi Campião, Juraci de Andrade Barbosa e Dirceu de Souza (IF – São Paulo) e aos técnicos do Departamento de solos e Recursos Ambientais (Unesp-FCA).

Aos Alunos de iniciação científica da Unesp-FCA e do IF e ao mestrando Erick Phelipe Amorim (Ufscar), pelo auxílio nas análises, troca de informações e pelas conversas divertidas.

Aos estagiários e alunos de pós-graduação do Laboratório de Química, Celulose e Energia (USP-EsalQ), pela ajuda nas análises químicas e pela amizade.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA/UNESP) em toda minha formação acadêmica. Agradeço aos docentes e funcionários do Departamento de Ciência Florestal que colaboraram para minha formação e desenvolvimento da tese.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, pela oportunidade de cursar o doutorado. A secretária da pós-graduação pela ajuda em todos os trâmites administrativos. Aos funcionários da biblioteca por toda ajuda na organização dos textos.

À Universidade do Oeste Paulista e aos colegas de profissão por todo apoio e palavras de motivação. Aos meus amigos de CEVOP por todo apoio, motivação e pelos maravilhosos momentos filosóficos e divertidos na hora do café.

Por fim, agradeço a todos, cujos nomes agora se me escapam, que de uma maneira ou de outra tiveram uma contribuição nesta tese.

“Good Science, is fun Science”.

Dr. Gustavo Maia Souza



## RESUMO

A espécie *Corymbia citriodora*, anteriormente classificada como *Eucalyptus citriodora*, de origem da Austrália, é cultivada em todo o mundo. No Brasil, seus plantios foram iniciados com vistas à adaptação fisiológica, crescimento e utilização da madeira para produção de carvão vegetal. No decorrer do tempo, os plantios foram ampliados no intuito de produção de madeira para serraria, energia e exploração de folhas para extração de óleo essencial. Nosso objetivo foi esclarecer como as diferenças físicas, químicas e de retenção de água entre os três tipos de solo: Neosolo Quartzarênico (RQ), Latossolo Vermelho (LV) e Nitossolo Vermelho (NV) podem ocasionar alterações no crescimento das árvores, nas propriedades físicas, mecânicas, características anatômicas, nos constituintes químicos, poder calorífico e índices de qualidade para papel e celulose na madeira de *Corymbia citriodora*. Foram selecionadas árvores com 33 anos, da Estação Experimental de Luiz Antônio, do Instituto Florestal, no município de Luiz Antônio, com base nas maiores alturas e diâmetros das árvores de 18 progênies para cada tipo de solo, totalizando 54 árvores. De acordo com os nossos resultados os três tipos de solo apresentaram diferenças na granulometria, composição química e capacidade de retenção de água. O NV foi o solo com maior fertilidade e disponibilidade de água. Os valores de diâmetro, volume de árvore e porcentagem de cerne foram mais altos nos solos LV e NV que apresentaram maior disponibilidade de água e argila. Somente a densidade básica apresentou diferença, com menor valor para NV. Houve um aumento gradativo nas características anatômicas no sentido medula-casca, com exceção para diâmetro do lume, e frequência de vasos e raios. Entre os solos, o NV apresentou os maiores valores para as características de fibra, diâmetro do vaso e altura do raio. A composição química não apresentou um padrão entre os tipos de solos, o teor de extrativos totais foi maior no solo NV, o teor de lignina foi maior no LV e teor de holocelulose foi maior no RQ. A Os maiores valores do poder calorífero e índice de seguiram o mesmo padrão da densidade em RQ e LV. Nos índices indicativos de qualidade para produção de celulose e papel, a madeira de *C. citriodora* apresenta valores muito altos para todos os índices, desta forma para produção de papel acarretaria uma folha de alta densidade e rigidez, o que não é adequado para o uso geral de papel para escrita. Concluímos que os diferentes tipos de solos influenciaram na qualidade e produtividade da madeira de *C. citriodora*.

**Palavras-chave:** Densidade da madeira. Índice de uniformidade. Qualidade da madeira. Retenção de água. Textura do solo.



## ABSTRACT

The species *Corymbia citriodora*, previously classified as *Eucalyptus citriodora*, of Australian origin is cultivated worldwide. In Brazil, its planting was started with a view to physiological adaptation, growth and use of wood for charcoal production. Over time, the plantations were expanded in order to produce lumber, energy and exploitation of leaves to extract essential oil. Our objective was to clarify how physical, chemical and water retention differences between the three types of soil: Quartzarenic Neosol (RQ), Red Latosol (LV) and Red Nitosol (NV) can cause changes in the growth of the trees, in the physical properties, mechanical, anatomical characteristics, in chemical constituents, calorific value and quality indexes for paper and pulp in *Corymbia citriodora* wood. Thirty-three-year-old trees were selected from the Luiz Antônio Experimental Station, from the Forestry Institute, in the municipality of Luiz Antônio, based on the highest and diameters of 18 progenies for each type of soil, totaling 54 trees. According to our results, the three types of soil showed differences in granulometry, chemical composition and water retention capacity. NV was the soil with the highest fertility and water availability. The values of diameter, tree volume and heartwood percentage were higher in the LV and NV soils that showed greater availability of water and clay. Only the basic density showed a difference, with a lower value for NV. There was a gradual increase in anatomical characteristics in the pith-bark direction, except for the fiber lumen diameter, and the frequency of vessels and rays. Among the soils, the NV presented the highest values for fiber characteristics, vessel diameter and radius height. The chemical composition did not show a pattern between the types of soils, the content of total extracts was higher in the NV soil, the lignin content was higher in the LV and the holocellulose content was higher in the RQ. A The highest values of calorific value and index followed the same pattern of density in RQ and LV. In the indicative quality indexes for pulp and paper production, *C. citriodora* wood has very high values for all indexes, so for paper production it would result in a sheet of high density and rigidity, which is not suitable for use. general writing paper. We conclude that the different types of soils influenced the quality and productivity of *C. citriodora* wood.

**Keywords:** Wood density. Uniformity index. Wood quality. Water holding capacity. Soil texture.





## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO 1 - SOIL TYPE INFLUENCE ON MEAN ANNUAL INCREMENT, WOOD ANATOMY AND PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF 33-YEAR-OLD *Corymbia citriodora* (HOOK.) K. D. HILL & L. A. S. JOHNSON**

Tabela 1 – Dendrometric data of 33-year-old <i>Corymbia citriodora</i> trees. DBH = diameter at breast height.....	40
Tabela 2 – Strength classes and characteristic values for hardwoods at 12 % MC, according to the NBR 7190 (ABNT, 1997) .....	43
Tabela 3 – Physical attributes of three soil types (0-20 cm layer) of 33-year-old <i>Corymbia citriodora</i> plantings.....	45
Tabela 4 – Soil pH, organic matter and mineral nutrients of 33-year-old <i>Corymbia citriodora</i> in three soil types (0-20 cm layer) .....	47
Tabela 5 – Soil water holding capacity and soil density of 33-year-old <i>Corymbia citriodora</i> in three soil types (0-20 cm layer) .....	49
Tabela 6 – Dendrometric data of 33-year-old <i>Corymbia citriodora</i> in three soil types.....	50
Tabela 7 – Radial variation of physical and mechanical properties in wood of 33-year-old <i>Corymbia citriodora</i> in three soil types.....	55
Tabela 8 – Uniformity index in wood of 33-year-old <i>Corymbia citriodora</i> in three soil types.....	59
Tabela 9 – Heartwood and sapwood percentage in wood of 33-year-old <i>Corymbia citriodora</i> in three soil types.....	60
Tabela 10 – Radial variation of anatomical features in wood of 33-year-old <i>Corymbia citriodora</i> in three soil types.....	62

### **CAPÍTULO 2 - SOILS TYPE INFLUENCE WOOD CHEMICAL CONSTITUENTS AND CALORIFIC VALUES OF 33-YEAR-OLD *Corymbia citriodora* (HOOK.) K. D. HILL & L. A. S. JOHNSON**

Tabela 1 – Physical attributes of three soil types (0-20 cm layer) of 33-year-old <i>Corymbia citriodora</i> plantings.....	85
Tabela 2 – Soil pH, organic matter and mineral nutrients of 33-year-old <i>Corymbia citriodora</i> in three soil types (0-20 cm layer) .....	87
Tabela 3 – Soil water holding capacity and soil density of 33-year-old <i>Corymbia citriodora</i> in three soil types (0-20 cm layer) .....	88

Tabela 4 – Wood density (p12%) and chemical constituents of 33-year-old *Corymbia citriodora* wood in three soil types.....89

Tabela 5 – Comparison among Higher Heating Value, Lower Heating Value and Useful Heating Value of 33-year-old *Corymbia citriodora* in three soil types.....89

Tabela 6 – Principal component analysis of physical and chemical properties and heating values of 33-year-old *Corymbia citriodora* in three soil types.....90

**CAPÍTULO 3 - WOOD POTENTIAL OF 33-YEAR-OLD *Corymbia citriodora* (HOOK.) K. D. HILL & L. A. S. JOHNSON FOR PULP AND PAPER**

Tabela 1 – Physical attributes of three soil types (0-20 cm layer) of 33-year-old *Corymbia citriodora* plantings.....107

Tabela 2 – Soil pH, organic matter and mineral nutrients of 33-year-old *Corymbia citriodora* in three soil types (0-20 cm layer) .....108

Tabela 3 – Soil water holding capacity and soil density of 33-year-old *Corymbia citriodora* in three soil types (0-20 cm layer).....109

Tabela 4 Radial variation of density and ratios for pulp and paper in 33-year-old *Corymbia citriodora* wood in three soil types.....110



## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	21
<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	23
<b>CAPÍTULO 1 - SOIL TYPE INFLUENCE ON MEAN ANNUAL INCREMENT, WOOD ANATOMY AND PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF 33-YEAR-OLD <i>Corymbia citriodora</i> (HOOK.) K. D. HILL &amp; L. A. S. JOHNSON</b> .....	33
<b>ABSTRACT</b> .....	34
1.1 INTRODUCTION.....	35
1.2 MATERIAL AND METHODS .....	36
1.3 RESULTS AND DISCUSSION.....	45
1.4 CONCLUSION.....	65
<b>REFERENCES</b> .....	66
<b>CAPÍTULO 2 - SOILS TYPE INFLUENCE WOOD CHEMICAL CONSTITUENTS AND CALORIFIC VALUES OF 33-YEAR-OLD <i>Corymbia citriodora</i> (HOOK.) K. D. HILL &amp; L. A. S. JOHNSON</b> .....	77
<b>ABSTRACT</b> .....	78
2.1 INTRODUCTION.....	79
2.2 MATERIAL AND METHODS .....	80
2.3 RESULTS.....	85
2.4 DISCUSSION.....	91
2.5 CONCLUSION.....	95
<b>REFERENCES</b> .....	95

<b>CAPÍTULO 3 - WOOD POTENTIAL OF 33-YEAR-OLD <i>Corymbia citriodora</i> (HOOK.), K. D. HILL, &amp; L. A. S. JOHNSON FOR PULP AND PAPER.....</b>	100
ABSTRACT.....	101
3.1 INTRODUCTION.....	102
3.2 MATERIAL AND METHODS .....	103
3.3 RESULTS.....	106
3.4 DISCUSSION.....	112
3.5 CONCLUSION.....	114
REFERENCES.....	114
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	118
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	119



## INTRODUÇÃO GERAL

Independente do sistema de plantio, para que a madeira seja usada de forma otimizada é necessário atestar a sua qualidade, que é definida como o grau de excelência em relação à aplicação destinada, não existindo, portanto, uma medida exata. Contudo, é possível estabelecer alguns parâmetros que indiquem a qualidade da madeira e o seu uso mais apropriado (SAVIDGE, 2003).

Por meio de testes de progênies e procedências é possível avaliar a capacidade de adaptação de determinadas espécies em um novo ambiente. Essa adaptação depende da variabilidade genética existente entre e dentro das procedências, da origem das sementes, e de informações dos locais de plantio, como suas características geográficas, climáticas e atributos do solo (MCKAY et al. 2005). Como exemplos de estudos de adaptação de espécies, podemos citar os desenvolvidos com os gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia*, cujas espécies são plantadas há décadas no Brasil, o gênero *Eucalyptus* utilizado especialmente para a produção de papel e celulose, e o gênero *Corymbia* utilizado para produção de energia e madeira em serrarias.

No Brasil os plantios de eucalipto ocupam uma área de 5,7 milhões de hectares e nos últimos anos apresentaram um aumento médio anual de 2,4% , sob uma ampla distribuição geográfica, e as maiores áreas de plantios estão localizadas nos estados de Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (15%) (IBÁ, 2017). As áreas de plantio de espécies de crescimento rápido no país encontram-se, na sua maioria, em solos da classe Latossolos. Estes solos geralmente são profundos e com textura variável, possuem de média a boa capacidade de armazenamento de água, porém são pobres do ponto de vista nutricional, com carência de fósforo e cátions, especialmente (GONÇALVES et al., 1997).

De maneira geral, a produtividade dos plantios de *Eucalyptus* e a qualidade da madeira estão relacionadas as propriedades físicas do solo (PEREIRA et al., 2019), ao grau de acidez (HONG; GANA; CHEN, 2019), à disponibilidade de água (BORDRON et al., 2019; PLOYET et al., 2019), e a disponibilidade de nutrientes (CASTRO et al., 2020).



Em diversos estudos em escala regional no Brasil, a presença de um gradiente estrutural do solo, em termos da textura (mais argilosos a arenosos), como também da disponibilidade de nutrientes e hídrica foram observadas diferenças nas interações fenotípicas inter e intra específicas em diferentes genótipos de *Eucalyptus* (RYAN et al., 2010; GONÇALVES et al., 2013; ATTIA et al., 2019). Desta forma, é importante compreender a seleção e análise de características funcionais de árvores, tais como, propriedades físicas e mecânicas, constituintes químicos, e propriedade energéticas da madeira, interessantes na produção de madeira que são afetadas por diferentes condições ambientais no contexto das práticas florestais (ARNAUD et al., 2019).

Neste sentido, conhecer as condições dos locais de plantio para ter clareza de como elas podem influenciar na produtividade e qualidade da madeira, sendo que os atributos do solo são um dos fatores chave nesse conhecimento (GONÇALVES et al., 1997; SILVEIRA et al., 2001).

A espécie *Corymbia citriodora* é de origem Australiana e cultivada em todo o mundo. No Brasil, seus plantios foram iniciados com vistas à adaptação fisiológica, crescimento e utilização da madeira para produção de carvão vegetal. No decorrer do tempo, os objetivos dos plantios foram ampliados no intuito de produção de madeira para serraria, energia e exploração de folhas para extração de óleo essencial (VITTI; BRITO, 1999).

Nosso objetivo é esclarecer como as diferenças físicas, químicas e de retenção de água de três tipos de solos: Neosolo Quartzarênico, Latossolo Vermelho e Nitossolo Vermelho podem ocasionar alterações no crescimento das árvores, nas propriedades físicas, mecânicas, características anatômicas, nos constituintes químicos, poder calorífico e índices de qualidade para papel e celulose na madeira de *Corymbia citriodora*. Hipotetizamos que as árvores que cresceram em solos mais arenosos e com menor teor de nutrientes apresentaram um crescimento mais lento, devido às restrições hídricas e nutricionais, e possuem madeira mais densa, com maior proporção de parede celular e menor diâmetro dos lúmens das células, e conseqüentemente, com maiores valores nas propriedades mecânicas e constituintes químicos quando comparadas com aquelas árvores que cresceram em solos mais argilosos e ricos nutricionalmente. Tais diferenças devem ocasionar variações que interfiram

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G.; BRITO, J. O.; PERRE, P. Alterations in energy properties of eucalyptus wood and bark subjected to torrefaction: the potential of mass loss as a synthetic indicator. **Biores Technol J**, v. 101, n. 24, p. 9778-9784, 2010.
- ARNAUD, C et al. Interactions between the mechanical and hydraulic properties of *Eucalyptus* trees under diferente environmental conditions of fertilization and water availability. **BioResources**, v. 14, n. 3, p. 7157-7168, 2019.
- ATTIA et al. Modelling carbon and water balance of *Eucalyptus* plantations at regional scale: Effect of climate, soil and genotypes. **Forest Ecology and Management**, v. 449, p. 1-13, 2019.
- BARNETT, J. R.; JERONIMIDIS, G. **Wood quality its biological basis**. Blackwell/CRC, Oxford and Boca Raton, 2003, p 1–226.
- BORDRON, B et al. Fertilization increases the functional specialization of fine roots in deep soil layers for young *Eucalyptus grandis* trees. **Forest Ecology and Management**, v. 431, p. 6–16, 2019.
- BRAND, M. A. **Energia de Biomassa Florestal**. 01. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. p. 114.
- BUTLER, J. B. et al. Comparative genomics of *Eucalyptus* and *Corymbia* reveals low rates of genome structural rearrangement. **BMC Genomics**, v. 18, n. 1, p. 397, 2017.
- CASTRO, F.; WILLIAMSON, G. B.; JESUS, R. M. Radial Variation in the Wood Specific Gravity of *Joannesia princeps*: The Roles of Age and Diameter. **Biotropica. Assn Trop Biol**, v. 25, n. 2, p. 176-182, 1993.
- CASTRO, R. V. et al. The effect of soil nutrients and moisture during ontogeny on apparent wood density of *Eucalyptus grandis*. **Scientific Reports**, v. 10, n. 2530, p. 1-10, 2020.
- CUNHA, G. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; MOREIRA, G. R. Nutrient Cycling in *Corymbia citriodora* in the State of Rio de Janeiro, Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 2, p. 1-10, 2019.
- DIAS A. C.; ARROJA, L. Environmental impacts of eucalypt and maritime pine wood production in Portugal. **Journal of Cleaner Production**, v.37, p. 368-376, 2012.
- DOWNES, G.; DREW, D. Climate and growth influences on wood formation and utilisation. **Southern Forests**, v. 70, n. 2, p. 1-13, 2008.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório IBÁ 2017**. São Paulo, p. 80, 2017.

EVERT, R. F. Meristemas, Células e Tecidos do Corpo da Planta: sua Estrutura, Função e Desenvolvimento. **Anatomia das Plantas de Esau, tradução da Terceira Edição Americana**. ed. São Paulo: Blucher, 2013. p. 225-263.

FERREIRA, O. P. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003. 60 p.

FOELKEL, C. E. B. **Eucalyptus online book & newsletter**. São Paulo: Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 2009.

FONSECA, S. M. da.; RESENDE, M. D. V. de.; ALFENAS, A. C.; GUIMARÃES, L. M. da S.; ASSIS, T. F. de; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 2010. 200 p.

FORESTRY COMMISSION. **Wood as fuel technical supplement. The Biomass Energy Centre**. 2011. Disponível em: <[https://www.forestresearch.gov.uk/documents/1958/FR\\_BEC\\_Wood\\_as\\_Fuel\\_Technical\\_Supplement\\_2010.pdf](https://www.forestresearch.gov.uk/documents/1958/FR_BEC_Wood_as_Fuel_Technical_Supplement_2010.pdf)> Acessado em: 22 mai. 2019.

GEROMEL, G. K. S.; PAULA, N. F.; PAULA, R. C. Caracterização físico-química da madeira e produção de carvão de *Corymbia citriodora*. **Ciência & Tecnologia: FATEC-JB, Jaboticabal**, v.3, 2011p. 3–6, 2011.

GLASS, S.; ZELINKA, S. L. Moisture relations and physical properties of wood. *In*: ROSS, R. (Ed.). **Wood handbook – wood as an engineering material**. 100th ed. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. 508 p.

GONÇALVES, J. L. M.; BARROS, N. F.; NAMBIAR, E. K. S.; NOVAIS, R. F. Soil and stand management for short-rotation plantations. *In*: Nambiar EKS, Brown AG, eds. **Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests**. Canberra, Australia: Australian Centre for International Agricultural Research. 1997. p. 379–417.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; LACLAU, J. P.; SMETHURST, P.; GAVA, J. L. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 1993, p. 45-61, 2004.

GONÇALVES, J. L. M.; ALVARES, C.A.; HIGA, A. R.; SILVA, L. D.; ALFENAS, A. C.; STAHL, J.; FERRAZ, S. F. D.; LIMA, W. D. P.; BRANCALION, P. H. S.; HUBNER, A.; BOUILLET, J. P. D.; LACLAU, J. P.; NOUVELLON, Y.; EPRON, D. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 6-27, 2013.

GONÇALVES, T. A. P. **Contribuição ao conhecimento da anatomia da madeira das famílias: Anacardiaceae, Annonaceae, Aquifoliaceae, Apocynaceae e Araliaceae, através de amostras carbonizadas do lenho de espécies brasileiras**. Seropédica. 2006. 116 f. Monografia (Graduação em

Engenharia Florestal) - Departamento de Silvicultura, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

GREEN, D. W. et al. Mechanical properties of wood. *In*: United State Forest products Laboratory. **Wood handbook: wood as an engineering material**. Madison, 1999. cap 4, p. 1 – 46.

GREET. The Greenhouse Gases, Regulated Emissions, and Energy Use. *In* **Transportation Model, GREET 1.8d.1**, developed by Argonne National Laboratory, Argonne, IL, released August 26, 2010.

GURGEL-GARRIDO, L. M. A.; SIQUEIRA, A. C. M. F.; CRUZ, S. F.; ROMANELLI, R. C.; ETTORI, L. G.; CRESTANA, C. S. M.; Sato, A. S. Programa de melhoramento genético florestal do Instituto Florestal. **IF Série Registros**, v. 18, p. 1-53, 1997.

HINCHEE, M.; ROTTMANN, W.; MULLINAX, L.; ZHANG, C.; CUNNINGHAM, M.; PEARSON, L.; NEHRA, N. Short-rotation woody crops for bioenergy and biofuels applications. **In Vitro Cell. Dev. Biol**, v. 45, n. 6. p. 619–629, 2009.

HILLIS, W. E. Wood quality and utilisation. *In*: HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. (eds): **Eucalypts for wood production**. Melbourne: CSIRO, 1978. p. 259–289.

HOADLEY, B. **Understanding Wood: A Craftsman's Guide to Wood Technology**. Taunton Press Inc; 2nd Revised edition, 2000.

HONG, S.; GAN, P.; CHEN, A. Environmental controls on soil pH in planted forest and its response to nitrogen deposition. **Environmental Research**, v. 172, p. 159–165, 2019.

HORA, A. B. Panoramas setoriais 2030: papel e celulose. *In*: **Panoramas setoriais 2030: desafios e oportunidades para o Brasil**. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2017. p. 79-91.

HORN, R. **Morphology of Pulp Fiber from Hardwoods and Influence on Paper Strength**. USDA Forest Service. Research Paper FPL 312, For. Prod. Lab., Madison, WI, USA. 1978

IWAKIRI, S. et al. Utilização de resíduos de serraria na produção de chapas de madeira aglomerada de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus citriadora* e *Eucalyptus pilularis*. **Floresta e Ambiente**, v. 7, n. 1, p. 251–256, 2000.

KRETSCHMANN, D. E. **Wood handbook—Wood as an engineering material**. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. p. 508.

KOLLMANN, F. F. P.; COTÉ, W. A. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag, v. 1, 592p. 1968.

- LEPAGE, E. S. Química da madeira. *In*: LEPAGE, E. S. (Coord.). **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. v. 1. p. 69-97.
- MCKAY, J.K.; CHRISTIAN, C.E.; HARRISON, S.; RICE, K.J. How local is local? A review of practical and conceptual issues in the genetics of restoration. **Restor Ecol**. v. 13, p. 432-440, 2005.
- MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A.; MELO, D. C. Análise da madeira do *Pinus oocarpa* parte II – caracterização estrutural da lignina de madeira moída. **Revista Árvore**, v. 29, p. 471-478, 2005.
- MORI, C. L. S. O.; MORI, F. A.; MENDES, L. M.; SILVA, J. R.M. Caracterização da Madeira de Angico-Vermelho (*Anadenanthera Peregrina* (Benth) Speng) para Confecção de Móveis. **Brasil Florestal**, v. 23: p. 21-27, 2003.
- MOTTA, J. P. **Propriedades tecnológicas da madeira de *Tectona grandis* L. F. Proveniente do Vale do Rio Doce, Minas Gerais**. 2011. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.
- NAHUZ, M. A. R. Atividades industriais, usos e aplicações de madeiras no Brasil com ênfase em *Pinus* e *Eucalyptus*. *In*: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor florestal**. Jerônimo Monteiro, 2007. p. 159-208.
- ORWA, C., et al. **Agroforestry Database: A Tree Reference and Selection Guide Version 4.0**. 2009. <http://www.worldagroforestry.org/af/treedb/>. Acesso: 20 mai. 2019.
- PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Text book of wood technology**. 4. ed. New York: Mc. Graw Hill, 722p. 1980.
- PEREIRA, N. A. et al. Soil physical attributes under *Eucalyptus stands* with non-living and living plants. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 3; p. 197-207. 2019.
- PLOYET, R. et al. A systems biology view of wood formation in *Eucalyptus grandis* trees submitted to different potassium and water regimes. **New Phytologist**, v. 222, n. 4, p. 1-17, 2019.
- PROTÁSIO, T. P. et al. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, p. 113-122, 2011.
- RAO, R. V.; AEBISCHER, D. P.; DENNE, M. P. Latewood density in relation to wood fibre diameter, wall thickness, and fibre and vessel percentages in *Quercus robur*. **IAWA J**, v. 18, p. 127-138, 1997.

REIS, C. A. F. et al. *Corymbia citriodora*: estado da arte de pesquisas no Brasil. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa - Embrapa**, 2013.

RESENDE, R. N et al. Efeito da vaporização na secagem de tábuas de *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, v. 21, n. 1, p. 37-43, 2015.

RISI. **Base de dados**. Disponível em: <https://www.risiinfo.com/industries/pulp-paper-packaging/>. Acesso em: 19 mai. 2019.

ROWELL R. M. **Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites**, CRC Press, Boca Raton, FL, 2013. p. 34-47.

RUNKEL, R. O. H. Pulp from tropical wood. **TAAP**, v. 35, n 4, p. 174-178, 1952.

RYAN et al. Factors controlling *Eucalyptus* productivity: How water availability and stand structure alter production and carbon allocation. **Forest Ecology and Management**, v. 259, p. 1695–1703, 2010.

SAVIDGE, R. A. Tree growth and wood quality. In: **Wood Quality and Its Biological Basis**. Eds. Barnett JR and Jeronimidis G. Blackwell/CRC, Oxford and Boca Raton, 2003, pp 1–29.

SCHNEIDER, V. E.; PERESIN, D.; TRENTIN, A. C.; BORTOLIN, T. A.; SAMBUICHI, R. H. R. **Diagnóstico dos resíduos orgânicos do setor grossilvopastoril e agroindústrias associadas: relatório de pesquisa**. Brasília: Ipea, 2012. p. 129.

SILVA, M. G.; NUMAZAWA, S.; ARAUJO, M. M.; NAGAISHI, T. Y. R.; GALVÃO, G. R. Carvão de resíduos de indústria madeireira de três espécies florestais exploradas no município de Paragominas, PA. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 1, p. 61-70, 2007.

SILVA, J. C et al. Influência da idade e da posição ao longo do tronco na composição química da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 455-460, 2005.

SILVA et al. Fertilization response, light use, and growth efficiency in *Eucalyptus* plantations across soil and climate gradients in Brazil. **Forests**, v. 7, p. 1-117, 2016.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F; MUNIZ, M. R. A. Seja o doutor do seu eucalipto. **Informações agrônômicas**, n. 12, p. 1-32, 2001.

SOUZA et al. Genotype-by-environmental interaction in *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill, & L.A.S. Johnson progeny test in Luiz Antonio, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 460, n. 15, p. 1-8, 2020.

STAPE et al. The Brazil *Eucalyptus* Potential Productivity Project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, v. 259, p. 1684–1694. 2010.

TELMO, C.; LOUSADA, J. Heating values of wood pellets from different species. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, p. 2634-2639, 2011.

VALE, A. T.; GENTIL, L. V. **Produção e uso energético de biomassa e resíduos agroflorestais. Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III**. Rio Branco: Suprema, 2008. p.195-241.

VIEIRA, I. G. **Estudo de caracteres silviculturais e de produção de óleo essencial de progênies de *Corymbia citriodora* (Hook) K.D.Hill & L.A.S. Johnson procedente de Anhembi SP - Brasil, Ex. Atherton QLD - Austrália**. 2004. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VILAS BÔAS, O.; MAX, J. C. M.; MELO, A. C. G. Crescimento comparativo de espécies de *Eucalyptus* e *Corymbia* no município de Marília, SP. **Revista Instituto Florestal**, v. 21, n. 1, p. 63-72, 2009.

VITTI, A. M. S.; BRITO, J. Avaliação do rendimento e do teor de citronelal do óleo essencial de procedências e raças locais de *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, n. 56, p. 145-154, 1999.

VITTI, A. M. S.; BRITO, J. O. Óleo Essencial De Eucalipto. **Documentos florestais - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo**, v. 17, n. 0103-4715, p. 1-26, 2003.

WANGAARD, F. F. **The mechanical properties of wood**. London: Chapman & Hall, 1950. p. 377.

WIEDENHOEFT, A. Structure and function of Wood. *In: Wood Handbook – Wood as an Engineering Material*: chapter 3. Centennial ed. General technical report FPL; GTR-190. Madison, WI: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, p. 3.1-3.18, 2010.

WOODCOCK, D. W.; SHIER, A. D. Wood specific gravity and its radial variations: the many ways to make a tree. **Trees**, v. 16, p. 437-443, 2002.

ZENID, G. J.; ROMAGNANO, L. F. T.; NAHUZ, M. A. R.; MIRANDA, M. J. A. C.; FERREIRA, O. P.; BRAZOLIN, S. Madeira: uso sustentável na construção civil. São Paulo: **Instituto de Pesquisas Tecnológicas**, v. 2, n. 1, p. 1-103, 2009.