



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

JOÃO GABRIEL MISSIA DA SILVA

**QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA E DEMARCAÇÃO DO LENHO JUVENIL E
ADULTO DO MOGNO AFRICANO**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2014

JOÃO GABRIEL MISSIA DA SILVA

**QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA E DEMARCAÇÃO DO LENHO JUVENIL E
ADULTO DO MOGNO AFRICANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de concentração Ciências Florestais.

Orientadora: Graziela Baptista Vidaurre

Coorientadores: José Tarcísio da Silva
Oliveira e Marina Donária Chaves Arantes

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

S586q Silva, João Gabriel Missia da, 1988-
Qualidade da madeira serrada e demarcação do lenho juvenil e adulto do mogno africano / João Gabriel Missia da Silva. – 2014.
53 f. : il.

Orientador: Graziela Baptista Vidaurre.

Coorientador: José Tarcísio da Silva Oliveira; Marina Donária Chaves Arantes.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Madeira – qualidade. 2. Madeira serrada – defeitos. 3. Maturação do lenho. 4. Variação radial. 5. *Khaya ivorensis*. 6. *Khaya senegalensis*. I. Vidaurre, Graziela Baptista. II. Oliveira, José Tarcísio da Silva. III. Arantes, Marina Donária Chaves. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

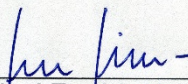
CDU: 630

**QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA E DEMARCAÇÃO DO LENHO JUVENIL
E ADULTO DO MOGNO AFRICANO**

João Gabriel Missia da Silva

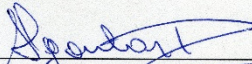
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 05 de Setembro de 2014.



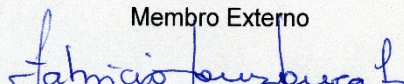
Prof. Dr. José Tarcísio Lima
UFLA

Membro Externo



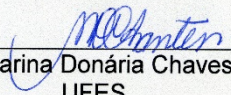
Dr.ª Selma Lopes Goulart
UFLA

Membro Externo



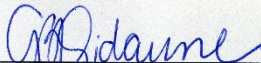
Prof. Dr. Fabricio Gomes Gonçalves
UFES

Membro Interno



Prof.ª Dr.ª Marina Donária Chaves Arantes
UFES

Coorientadora



Prof.ª Dr.ª Graziela Baptista Vidaurre
UFES

Orientadora

AGRADECIMENTOS

A Deus pela graça da vida, saúde, proteção ao longo de toda a minha caminhada e pela criação madeira, o “cerne” deste trabalho. Agradeço também pela existência das pessoas que venho a mencionar.

Aos meu pais, João Batista e Célia, pelo amor incondicional, educação, carinho, admiração, inspiração, incentivo e ajuda. A minha irmã Graziela e seu esposo Altair, ao sobrinho Carlos Eduardo.

A Keilla Lupin, pelo amor, carinho, companheirismo e paciência nos momentos que estive distante ao longo deste trabalho. Agradeço ao Sr. Jaime e a Dona Creuza, Aline e Vinicius pelo incentivo e momentos de distração.

A toda a família Messias pelo amor, carinho e confraternizações. Agradeço a Selma, Bruna, Nega, Rithiele, Leandro, Iara, Lídia, Lidiane, Candido, Vitor, Eloisa, Teresa, Alicir, Rosa, Jeférson, Bárbara (*in memorian*), Vanessa, Liracy, Deliane, Márcia e Chelle.

A rosa mais linda, serena e forte que Deus colocou em minha vida, minha vó Rosinha. Agradeço pelo amor incondicional, carinho, acolhimento em seu lar e pelas orações antes de cada viagem.

A toda a família Jaccoud. Tio Kid e Tia Lucília (minha primeira professora), Tia Rosa e Tio Maurílio, Tia Maniúsia e Tio Ari, Tia Catita, Eve e Janine. Ao primo Raphael “Jacuzão” pela amizade, conselhos, ajuda e incentivo.

Aos Tios Eraldo Messias (*in memorian*) e Houbert Jaccoud (*in memorian*) pela amizade eterna, memórias e ensinamentos.

Ao Tio D’alambert Jaccoud (*in memorian*) pelo incentivo à leitura e a Engenharia Industrial Madeireira e por possibilitar o meu primeiro contato com o mogno africano. A UFES, especialmente ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais pela minha formação profissional e pela estrutura para a realização desta pesquisa.

A empresa Vale pela bolsa auxílio e a Reserva Natural Vale pelo material, oportunidade de pesquisa, troca de conhecimentos e estrutura.

A FAPES pelo financiamento para a realização desse projeto.

A minha orientadora Graziela B. Vidaurre, pela confiança, ensinamentos, incentivo, paciência, compreensão, preocupação, conhecimentos e ideias compartilhadas e oportunidade. Meu anseio pela pesquisa se desenvolveu pelo seu exemplo.

Ao Prof. José Tarcísio Oliveira pela orientação, sugestões, ensinamentos, exemplo, ajuda e pelas conversas sobre o “Timão”.

A Prof^a Marina Donária C. Arantes pela orientação, ensinamentos, sugestões paciência e por sua boa vontade em ajudar.

Ao Prof. José Tarcísio Lima pela atenção, ajuda, paciência, orientação e pelos ensinamentos sobre o ângulo das microfibrilas.

Ao Prof. Mario Tomazello Filho pelos ensinamentos, sugestões, disponibilidade, paciência e atenção.

Ao Prof. Djeison Cesar Batista pela boa vontade em ajudar, oportunidade, conselhos e ensinamentos.

Ao Pesquisador Leif Nutto pela ajuda e ensinamentos.

Ao Eng. Florestal Gilberto Terra e Jonacir Souza pela ajuda, informações e disponibilidade.

Ao Prof. Fabrício Gomes pela ajuda, sugestões e pela troca de conhecimentos.

Aos Professores Pedro Segundinho e Sustânis H. Kunz pelas sugestões de melhorias na formulação deste projeto.

Ao tripé desta dissertação, Dâmaris Billo, Suellen Martins e Érica Ceschim pela ajuda, competência, organização e paciência durante as mensurações das fibras e vasos.

A minha “irmã” Denise Soranso pela amizade, incentivo, parceria, ideias compartilhadas, conselhos e ajuda para realização dessa dissertação.

Aos amigos Abraão, Danilo e Diogo, pela paciência e ajuda na realização das primeiras análises e coleta de dados.

Aos amigos Brunela Rodrigues, Pedro Medeiros Neto, Vinicius Tinti, Dercílio Verly, Victor Brocco, Laís Costa, Ana Boa, Rogy Tiburtino, Mayra Castro, Ana Paula Câmara, Gabrielly Bobadilha, Carlos Dambroz, Clailson Coelho, Anderson Firmino, Rafael Rosa, Rafael Bridi, Thiago Leite, Walter Boschetti e Jordão Moulin pela ajuda, troca de conhecimentos, risos e descontração ao longo dessa dissertação.

Aos marceneiros Elecy e Betinho, pela amizade, ajuda e ensinamentos. Aos Técnicos José Geraldo e Luciano pela ajuda, boa-vontade e eficácia.

A Eliane, Joceli, Marise, Simone, Elizângela e Valquíria pela disponibilidade em ajudar sempre que necessário.

A Carla Rosado pela ajuda, paciência e ensinamentos sobre a genética.

Aos motoristas Angelito, Carlos e Sandro, pela amizade, ajuda e transporte com segurança ao longo das viagens.

Aos amigos Rodrigo Nobre e Javan Motta pela acolhida e ajuda durante a minha estadia na UFLA e em Lavras.

Ao casal França pela ajuda e coleta do material.

A Selma Lopes Goulart pela ajuda, paciência e ensinamentos sobre a mensuração do ângulo das microfibrilas.

A Vinicius Castro pela ajuda e ensinamentos sobre a densitometria de raios X.

A técnica de laboratório Maria, ao marceneiro Aparecido e ao pessoal do LAIM pela recepção e atenção durante a minha estadia na ESALQ.

A Ariel Andrade pela ajuda, acolhida e pelos rocks em Piracicaba.

A Agropecuária Atlântica e ao Eng. Agrônomo João Emílio pela oportunidade de pesquisa e troca de conhecimentos sobre o mogno africano.

RESUMO GERAL

SILVA, João Gabriel Missia. **Qualidade da madeira serrada e demarcação do lenho juvenil e adulto do mogno africano**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Graziela Baptista Vidaurre. Coorientadores: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira, Prof^a. Dr^a. Marina Donária Chaves Arantes.

Teve-se por objetivo determinar a transição do lenho juvenil e adulto e avaliar a qualidade da madeira para a produção de serrados de duas espécies de mogno africano (*Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*). O material pesquisado (19 anos de idade) foi proveniente de plantios experimentais da Reserva Natural Vale, Linhares, ES, Brasil. Foram mensuradas a altura comercial, o diâmetro à altura do peito – DAP e a deformação residual longitudinal (método CIRAD – FORÊT). Após o corte das árvores, foram retirados discos na altura do DAP e toras ao longo do fuste, sendo o topo inferior das toras da base fotografado. A morfologia das fibras e vasos foi analisada por meio de estudo microscópico do lenho; o ângulo das microfibrilas mensurado empregando a microscopia de luz polarizada; a densidade aparente, determinada pela técnica de densitometria de raios X; e a densidade básica e a contração volumétrica, determinadas em acordo com normas técnicas vigentes. As rachaduras de topo das toras foram mensuradas utilizando um *software* analisador de imagens e os defeitos das tábuas secas também foram examinados. Por intermédio da variação radial do comprimento das fibras e da frequência de vasos foi possível demarcar o ponto de transição entre o lenho juvenil e adulto para as duas espécies de mogno africano. O lenho juvenil correspondeu a maior porção do diâmetro do fuste (altura do DAP) e suas propriedades foram mais variáveis e inferiores ao lenho adulto, para ambas espécies de mogno africano. Não houve diferenças da deformação residual longitudinal, índice de rachaduras de topo de toras e tábuas e deslocamento da medula entre as espécies. Todavia, foram verificadas nas toras e tábuas da espécie de *K. ivorensis* as maiores dimensões de rachaduras, enquanto o maior índice de empenamentos foi observado nas tábuas de *K. senegalensis*.

Palavras-chave: *Khaya ivorensis*, *Khaya senegalensis*, Maturação do lenho, Variação radial, Deformação residual longitudinal, Defeitos da madeira serrada.

GENERAL ABSTRACT

SILVA, João Gabriel Missia. **Lumber quality and demarcation of juvenile and mature wood the African mahogany**. 2014. Dissertation (Master's degree in Forest Sciences) – Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: Prof^a. Dr. Graziela Baptista Vidaurre. Co-advisor: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira, Prof^a. Dr. Marina Donária Chaves Arantes.

The aim of this work was determine the transition from juvenile and mature wood and evaluate the wood quality for the lumber production of two species of African mahogany (*Khaya ivorensis* and *Khaya senegalensis*). The material researched (19 years old) was from experimental plantation of Vale Natural Reserve, Linhares, ES, Brazil. Were measured at commercial height, diameter at breast height - DBH and the longitudinal residual strain (method CIRAD- FORÊT). After cut the trees, discs at the height of DBH and logs were removed along the stem, being the top bottom of the logs photographed. The morphology of fibers and vessels was analyzed by microscopic study of wood; the microfibril angle measured using by polarized light microscopy; apparent density, determined by the technique of X-ray densitometry; and basic density and volumetric shrinkage, determined in accordance with current technical standards. The end splits of the logs were measured using an images analyzer software and defects of dried boards also were examined. Through the radial variation of fiber length and frequency of vessels was possible to demarcate the point of transition between the juvenile and mature woods for the two species of African mahogany. The juvenile wood corresponded the highest portion of diameter of the stem (height DBH) and its properties were more variable and inferior than the mature wood, for both species of African mahogany. There were not differences of longitudinal residual strain, index end splits of logs and boards and displacement of the pith between species. However, were observed in the logs and boards of the species *K. ivorensis* the larger splits, while the highest index warping was observed in the boards of the species *K. senegalensis*.

Keywords: *Khaya ivorensis*, *Khaya senegalensis*, Maturation of the wood, Radial Variation, Longitudinal residual strain, Lumber defects.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	10
1.1 OBJETIVO GERAL	11
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
ARTIGO I - DEMARCAÇÃO DOS LENHOS JUVENIL E ADULTO EM FUNÇÃO DAS PROPRIEDADES DA MADEIRA DE MOGNO AFRICANO	13
RESUMO	14
ABSTRACT	15
1. INTRODUÇÃO	16
2. MATERIAL E MÉTODOS	17
3. RESULTADOS	19
4. DISCUSSÃO	26
5. CONCLUSÃO	32
6. AGRADECIMENTOS	32
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
ARTIGO II - QUALIDADE DA MADEIRA DE MOGNO AFRICANO PARA A PRODUÇÃO DE SERRADOS	36
RESUMO	37
ABSTRACT	38
1. INTRODUÇÃO	39
2. MATERIAL E MÉTODOS	40
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4. CONCLUSÃO	50
5. AGRADECIMENTOS	50
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
2. CONCLUSÃO GERAL	53

1. INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento da população mundial aumentou a demanda por produtos e derivados de madeira. As pressões ambientais e a proibição da exploração e corte de espécies nativas, como por exemplo o mogno brasileiro, araucária, cerejeira, jacarandá-da-bahia, castanheira, imbuia e canela preta, tradicionais sortimentos da indústria madeireira, impulsionaram a necessidade de alternativas para o setor florestal brasileiro. Neste cenário, o plantio de espécies exóticas ou nativas como o paricá, jequitibá rosa e guanandi, consolidou-se como alternativa de investimento a longo prazo e surgiu como uma tentativa para suprir a demanda por madeira, com maiores produtividades dos plantios, diminuindo as dificuldades e custos da exploração convencional, tornando o preço da madeira relativamente mais acessível.

Entre as espécies exóticas e alternativas está o mogno africano (gênero *Khaya* e família Meliaceae), que possui boa adaptação em algumas regiões do país, relativa resistência a pragas e doenças e boa produtividade. O mogno africano tem atraído a atenção de investidores, motivados por um promissor retorno financeiro em face a demanda crescente e oferta declinante de madeira no mundo e pelo seu valor no mercado internacional. Todavia, na mídia e no setor florestal há uma ampla publicidade sobre os seus possíveis rendimentos financeiros e poucas informações científicas oriundas de experimentações florestais ou tecnológicas que possam garantir o sucesso e minimizar os riscos econômicos dos plantios.

Além disso, os plantios comerciais de mogno africano ainda estão em desenvolvimento, não existindo madeira disponível no mercado interno brasileiro. Por isso, o valor da madeira serrada é determinado de acordo com os preços e qualidade das madeiras comercializadas no mercado internacional e comparativamente aos de outras espécies brasileiras tradicionais. Este fato corrobora a necessidade de pesquisas sobre a qualidade da madeira de mogno africano oriunda de plantações florestais no país, averiguando também suas características de crescimento e produtividade.

Considerando que no Brasil, a expectativa de comércio da madeira do mogno africano é com aproximadamente 15 a 20 anos de idade, com desbastes ao longo do ciclo de rotação, a madeira que será ofertada poderá conter uma grande proporção de lenho juvenil em sua composição. Além da grande quantidade de lenho juvenil, uma má formação do fuste e intensas tensões de crescimento poderão contribuir para

que a madeira possua defeitos durante o processamento e utilização que comprometerá a sua qualidade, conseqüentemente a sua classificação, aproveitamento, competitividade e valor final.

Nesta conjuntura, há necessidade do conhecimento da idade ou ponto de transição e propriedades do lenho juvenil e adulto; da magnitude das deformações residuais longitudinais, decorrentes das tensões de crescimento e suas relações com os defeitos das toras e peças serradas; de como se correlacionam as características de crescimento das árvores, as propriedades do lenho e defeitos da madeira serrada; e outras particularidades da madeira de mogno africano plantado no Brasil. Essas informações poderão subsidiar programas de melhoramento genético das espécies visando uma melhor definição da relação custo-benefício dos investimentos. E ainda, contribuir para o ajuste de processos e tecnologias, para a adequação dos produtos gerados com a madeira de mogno africano e assim, o desenvolvimento das espécies do gênero *Khaya* no Brasil.

1.1. OBJETIVO GERAL

Determinar a transição do lenho juvenil e adulto e avaliar a qualidade da madeira para a produção de serrados de duas espécies de mogno africano (*Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*).

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos para as duas espécies de mogno africano são:

- Delimitar o ponto de transição do lenho juvenil e adulto;
- Estudar as propriedades do lenho juvenil e adulto e descrever as variações da morfologia de fibras e vasos, do ângulo das microfibrilas e das propriedades físicas desses lenhos;
- Comparar as propriedades empregadas na demarcação do ponto de transição entre os lenhos juvenil e adulto;
- Correlacionar as variáveis anatômicas, o ângulo das microfibrilas e as propriedades físicas dos lenhos juvenil e adulto;

- Avaliar os níveis de deformação residual longitudinal (DRL), rachaduras de topo de toras e tábuas, deslocamento da medula e empenamentos da madeira serrada; e
- Relacionar entre si a DRL, o índice de rachaduras de topo de toras, o deslocamento da medula, as características dendrométricas das árvores e as propriedades físicas do lenho.

ARTIGO I

**DEMARCAÇÃO DOS LENHOS JUVENIL E ADULTO EM FUNÇÃO DAS
PROPRIEDADES DA MADEIRA DE MOGNO AFRICANO**

Demarcação dos lenhos juvenil e adulto em função das propriedades da madeira de mogno africano

RESUMO

Teve-se por objetivo delimitar o ponto de transição entre os lenhos juvenil e adulto e estudar as propriedades desses lenhos, delineando os seus efeitos sobre a qualidade da madeira das espécies de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*, aos 19 anos de idade, de um plantio experimental da Reserva Natural Vale, Linhares, ES, Brasil. Foram colhidas cinco árvores de cada espécie, sendo seccionados dois discos na altura do DAP, utilizados no preparo de amostras para todas as análises tecnológicas realizadas. A morfologia das fibras e vasos foi analisada por meio de estudo microscópico do lenho; o ângulo das microfibrilas mensurado por meio da microscopia de luz polarizada; a densidade aparente, determinada pela técnica de densitometria de raios X; e a densidade básica e contração volumétrica, determinadas em acordo com normas técnicas vigentes. O comprimento das fibras e a frequência vascular foram as variáveis mais consistentes e adequadas para a delimitação dos lenhos juvenil e adulto. O lenho juvenil correspondeu a maior porção do diâmetro do fuste na altura do DAP, porém uma menor proporção desse tipo de lenho foi notada para a espécie *K. senegalensis*. As propriedades do lenho juvenil foram mais variáveis e inferiores qualitativamente ao lenho adulto para ambas espécies.

Palavras-chave: *Khaya*, Maturação do lenho, Variação radial.

Demarcation of the juvenile and mature woods according to on the wood properties of African mahogany

ABSTRACT

The aim was delimit the transition point between the juvenile and mature woods and study the properties of these woods, outlining their effects on the wood quality of the species of *Khaya ivorensis* and *Khaya senegalensis*, at 19 years old, an experimental planting of Vale Natural Reserve, Linhares, ES, Brazil. Five trees were harvested of each species, being sectioned two disks at the height of DBH, used in sample preparation for all technological analyzes. The morphology of fibers and vessels was examined by microscopic study of wood, the microfibril angle measured by polarized light microscopy; apparent density, determined by the technique of X-ray densitometry; and basic density and volumetric shrinkage, determined in accordance with current technical standards. The fiber length and frequency vascular were the most consistent and appropriate variables for delimitation of the juvenile and mature woods. The juvenile wood corresponded to the higher portion of the diameter of the trunk, but a lower proportion of this type of wood was noted for the species *K. senegalensis*. The properties of juvenile wood were more variable and qualitatively inferior to mature wood for both species.

Keywords: *Khaya*, Maturation of the wood, Radial variation.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a indústria madeireira brasileira tem buscado alternativas e adaptação das suas atividades produtivas, motivada pelas pressões ambientais sofridas e pela proibição da exploração e corte das espécies nativas, tradicionais sortimentos. Neste panorama, surgiram os programas de reflorestamentos com espécies de rápido crescimento, com idades de corte menores e características econômicas e produtivas admiráveis.

Entre essas espécies está o mogno africano, gênero *Khaya* (família Meliaceae), que possui boa adaptação em algumas regiões do país, relativa resistência a pragas e doenças, boa produtividade e madeira de alto valor no mercado internacional. Todavia, são escassas as informações científicas relacionadas às propriedades e qualidade da madeira deste gênero plantado no Brasil.

Considerando que a expectativa de corte do mogno africano é com aproximadamente 15 a 20 anos de idade, com desbastes ao longo do ciclo de rotação, a madeira formada poderá apresentar uma grande porcentagem de lenho juvenil, resultando em alterações na qualidade dos produtos e aumento das perdas por defeitos na madeira, podendo inviabilizar o seu uso industrial (BAO et al., 2001; GATTO et al., 2007; VIDAURRE et al., 2011; PERES et al., 2012).

A presença dos lenhos juvenil e adulto no mesmo fuste implica em diferenças importantes nas propriedades da madeira da medula até a casca, tendo o primeiro lenho propriedades tecnológicas inferiores (BHAT; PRIYA; RUGMINI, 2001). Por isso, a estimativa da idade ou distância da medula em que ocorre a transição entre os lenhos juvenil e adulto no mogno africano é de grande importância, visto que o manejo, a idade de corte e o processamento poderão ser ajustados de acordo com a qualidade do lenho almejada.

O fundamento primordial para a definição do lenho juvenil é a estrutura anatômica (BHAT; PRIYA; RUGMINI, 2001). Nesta premissa, o comprimento das fibras ou traqueídeos é a variável mais estudada para demarcação desse lenho.

O objetivo desta pesquisa foi delimitar o ponto de transição entre os lenhos juvenil e adulto e estudar as propriedades desses lenhos, delineando os seus efeitos sobre a qualidade da madeira das espécies de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Sítio e amostragem experimental: as espécies de mogno africano estudadas foram a *Khaya ivorensis* A. Chev. e a *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. (19 anos), provenientes de um mesmo plantio experimental da Reserva Natural Vale - RNV, Linhares, Espírito Santo, Brasil (19° 06' a 19° 18' S e 39° 45' a 40° 19' W).

O relevo da Reserva Natural Vale é relativamente plano com altitude que varia de 28 a 65 m, sendo o solo predominante o argissolo amarelo. O clima do local, segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw (tropical úmido), com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Os indivíduos cresceram anualmente sob uma pluviosidade média de 1200 mm, temperatura média de 25,08 °C e umidade relativa do ar de 82,9%.

O espaçamento inicial de plantio foi de 2 x 3 m, em uma área útil de 0,15 ha. No momento do plantio foram aplicados 200 g de superfosfato simples por cova. Os lotes de sementes foram provenientes de Burkina-Faso e Senegal para a espécie *K. senegalensis* e da França para a espécie *K. ivorensis*.

Foram colhidas cinco árvores de cada espécie, que previamente tiveram a altura comercial (considerada até a inserção do primeiro galho ou bifurcação) e o diâmetro à altura do peito (DAP) mensurados. Foram seccionados dois discos na altura do DAP (1,30 m), utilizados no preparo de amostras para todas as análises tecnológicas realizadas.

O primeiro disco foi seccionado ao meio (2 cm de espessura), e da sua parte superior foram produzidas as amostras para a densitometria de raios X. Da parte inferior do disco, a cada centímetro radial, foram seccionadas as amostras para a análise morfológica dos vasos e fibras, e do ângulo das microfibrilas. Essa amostragem, também foi empregada no segundo disco, na produção dos corpos de prova da análise de densidade básica e da contração volumétrica da madeira.

Morfologia de vasos e fibras da madeira: o estudo microscópico do lenho das duas espécies seguiu as recomendações da Comissão Panamericana de Normas Técnicas (COPANT, 1974). As características anatômicas avaliadas foram o diâmetro tangencial [DT (μm)] e a frequência vascular [FV ($\text{n}^\circ \text{ cel. mm}^{-2}$)]; e o comprimento e a espessura da parede das fibras [CF e EP (μm), em ordem].

Para o estudo da morfologia do vasos, seções histológicas transversais de 18-20 μm de espessura foram cortadas em micrótomo de deslize e em seguida, com essas seções foram preparadas lâminas histológicas. Por fim, as amostras foram reduzidas em pequenas lascas de madeira e maceradas em solução de 1:1 de peróxido de hidrogênio (30%) e ácido acético glacial, permitindo a individualização das fibras. Após a lavagem e coloração com safranina das fibras, foram preparadas lâminas histológicas, que assim como as lâminas do estudo de morfologia dos vasos, foram fotomicrografadas por uma câmera digital (7.1 mega pixel) acoplada ao microscópio óptico. Foram realizadas 20 mensurações por lâmina (3220 mensurações por variável), utilizando um analisador de imagens.

Ângulo das microfibrilas (AMF) na camada S2: para determinação do ângulo das microfibrilas foram utilizadas as mesmas amostras do estudo de morfologia dos vasos e fibras de três árvores por espécie. Foram realizados cortes histológicos longitudinais tangenciais de 8 μm de espessura e as finas seções do lenho produzidas foram maceradas (mesmo procedimento para fibras). Com a massa de fibras foram montadas lâminas histológicas e observadas em microscopia de luz polarizada (LIMA; BREESE; CAHALAN, 2004). Foram feitas 20 mensurações individuais por amostra (1800 mensurações no total) sob uma objetiva de 40x.

Foi utilizado um microscópio com adaptador para a polarização da luz e uma mesa giratória, com escala de 0 a 360°. A mesa foi girada de forma que as fibras ficassem alinhadas verticalmente ao eixo capilar da ocular do microscópio. Em seguida, girou-se a mesa no sentido horário até que o fundo da fibra ficasse escuro, momento da máxima posição de extinção de luz. A diferença entre os ângulos da posição vertical da fibra e a da extinção de luz, correspondeu ao AMF.

Densidade aparente do lenho (DA): esta propriedade foi avaliada por meio da técnica de densitometria de raios X. Os discos secos naturalmente foram seccionados ao longo do diâmetro para obtenção de amostras radiais de 2 x 1 cm^2 (espessura e largura), que foram coladas em suporte de madeira e posteriormente, seccionadas no sentido transversal (2,0 mm de espessura). As amostras foram acondicionadas em sala de climatização (12 h, 20 °C, 60% UR) até atingir 12% de umidade.

A varredura das seções transversais foi realizada com um feixe de raios X colimado, em intervalos de 80 μm , no equipamento QTRS-01X. Foi utilizado o software QMS, para a transformação dos valores de raios X em densidade aparente, de acordo com os procedimentos empregados por Castro (2011) e Lobão et al. (2012).

Densidade básica (DB) e contração volumétrica (CV) do lenho: para a avaliação das propriedades físicas do lenho, foram utilizados os mesmos corpos de prova de $2 \times 2 \times 1 \text{ cm}^3$ (longitudinal, tangencial e radial). A DB e a CV foram determinadas conforme a Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 7190 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1997). O fator anisotrópico dimensional (FA) também foi calculado.

Análise estatística: o experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, tendo como tratamentos as duas espécies (*K. ivorensis* e *K. senegalensis*) e o nível de significância adotado para todos os testes foi de 5%.

Para a delimitação do ponto de transição entre os lenhos juvenil e adulto foi realizada uma análise de regressão. A morfologia das fibras e vasos, a DB e a CV foram admitidas como as variáveis dependentes (Y) e a posição radial dos discos como a variável independente (X). Foram adotados modelos polinomiais de ordem p , sendo os critérios para escolha da melhor equação o coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$), o erro padrão da estimativa (S_{xy}) e a significância dos coeficientes estimados.

Ajustado os modelos, foram confeccionados gráficos de variação radial das propriedades avaliadas e a análise visual desses possibilitou identificar a existência ou não de uma zona de estabilização, configurada como a região do lenho adulto. O ponto de transição entre os lenhos foi definido como a posição radial onde houve o início da estabilização e o menor desvio entre os valores de uma determinada propriedade neste ponto e no subsequente. Após a delimitação das regiões dos lenhos, as médias das suas propriedades foram comparadas por um teste t de *Student* e a relação entre essas, analisada pelo coeficiente de correlação linear de Pearson e seu valor P.

3. RESULTADOS

A altura comercial das árvores de mogno africano apresentou uma diferença expressiva, comum em indivíduos de propagação seminífera, onde a espécie *K. ivorensis* manifestou a maior altura, média de 14,94 m, comparado aos 8,21 m das

árvores de *K. senegalensis*. O DAP médio das árvores de ambas as espécies foi igual a 25 cm.

Delimitação do ponto de transição entre os lenhos juvenil e adulto: entre as variáveis avaliadas (CF, EP, DT, FV, DB e CV) para a delimitação dos lenhos juvenil e adulto, os valores das propriedades anatómicas permitiram o melhor ajuste, sobressaindo-se o comprimento das fibras (Figura 1) e a frequência vascular (Figura 2) das duas espécies de mogno africano.

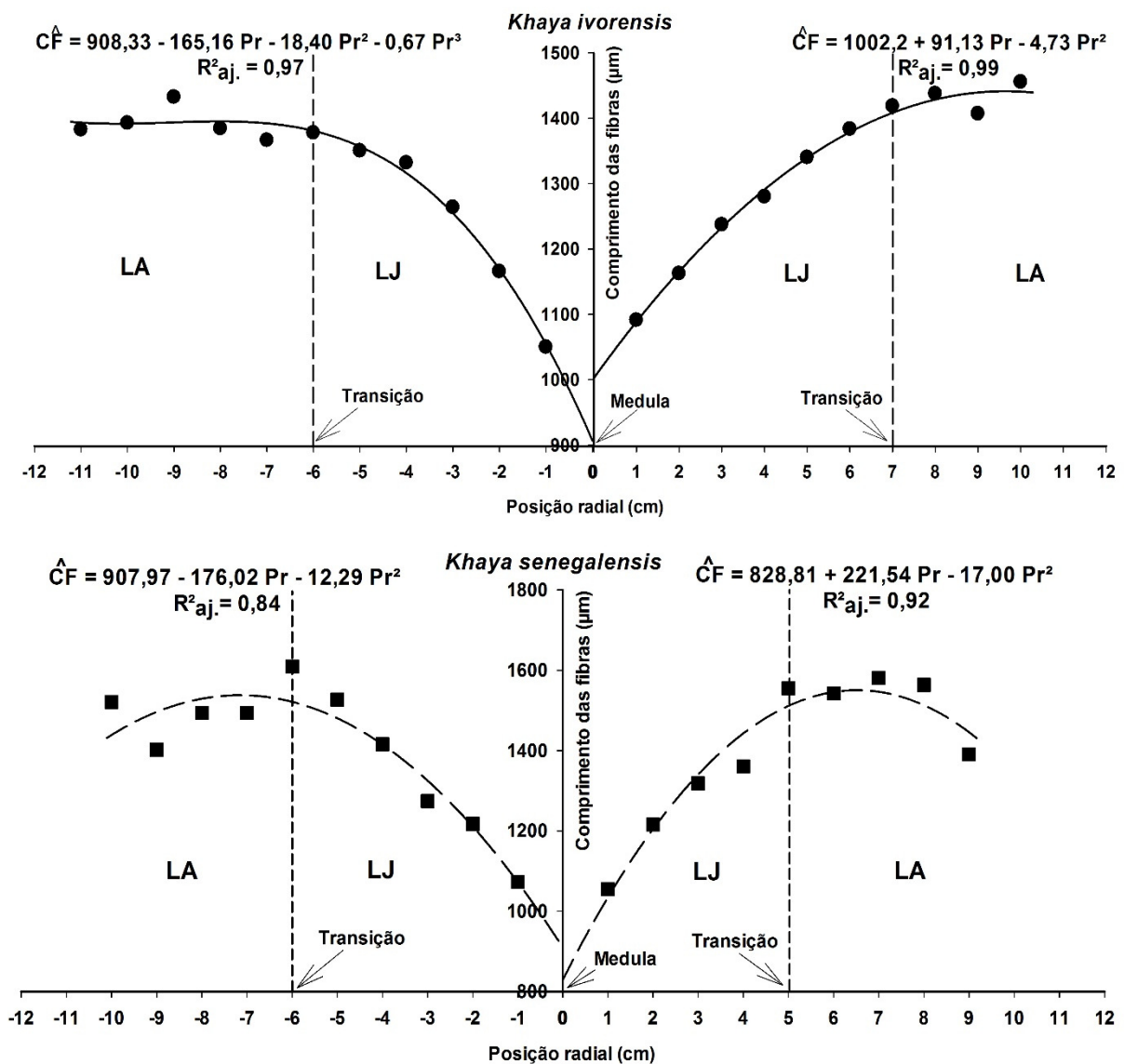


Figura 1. Variação radial do comprimento das fibras (CF) da madeira e delimitação do ponto de transição entre os lenhos juvenil (LJ) e adulto (LA) da *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 19 anos de idade.

Figure 1. Radial variation of the length fibers (CF) of wood and demarcation of the transition point between juvenile (LJ) and mature woods (LA) of the 19-year-old *K. ivorensis* and *K. senegalensis*.

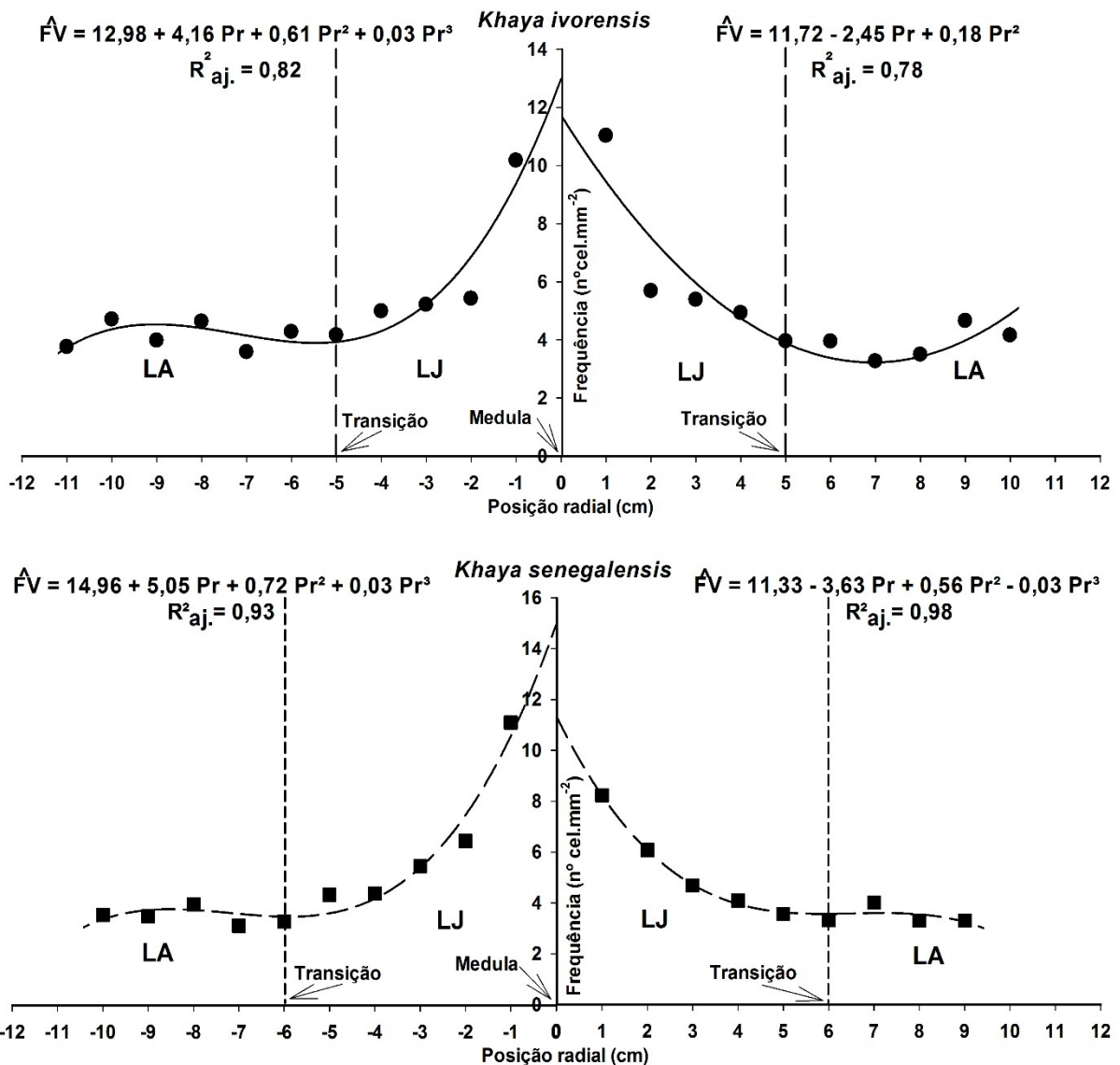


Figura 2. Variação radial da frequência de vasos (FV) da madeira e delimitação do ponto de transição entre os lenhos juvenil (LJ) e adulto (LA) da *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 19 anos de idade.

Figure 2. Radial variation of the frequency vessels (FV) of wood and demarcation of the transition point between juvenile (LJ) and mature woods (LA) of the 19-year-old *K. ivorensis* and *K. senegalensis*.

A variação radial do CF e da FV (Figura 1 e 2), conjuntamente, delimitam a zona de LJ em 13 (-6 a 7 cm) e 12 cm (-6 a 6 cm) considerando a medula centralizada, para as espécies *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, nessa ordem.

Considerando o DAP médio de 25 cm e espessura de casca de 0,9 cm das árvores de mogno africano, o lenho adulto, aos 19 anos de idade, compõe apenas 40,8% (10,2 cm) e 44,8% (11,2 cm) do DAP da *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, respectivamente.

O CF (Figura 1) aumentou rapidamente no LJ da *K. ivorensis* (30,6%) e da *K. senegalensis* (48,7%) até o ponto de transição, com estabilização (*K. ivorensis*) e queda (*K. senegalensis*) dos valores próximos à casca.

A FV (Figura 2) foi máxima próximo à medula e diminuiu ligeiramente no LJ da *K. ivorensis* (61,63%) e da *K. senegalensis* (65,01%), sendo observada para ambas espécies uma relativa estabilização da quantidade de vasos por área.

A EP das fibras das duas espécies de mogno africano exibiu tendências distintas e variadas, evidenciando na maioria dos casos um aumento linear no sentido radial, não existindo uma zona de estabilização. Ademais, foram obtidos para essa variável modelos de regressão não significativos e com baixos valores de R^2_{aj} . O DT dos vasos aumentou linearmente no sentido medula-casca, sem evidência de estabilização.

A madeira de *K. ivorensis* teve queda de DB da medula até $\frac{1}{4}$ do raio e após esse ponto um aumento até a casca, e acréscimo linear da CV perfazendo todo o raio. Para a madeira de *K. senegalensis*, a DB aumentou linearmente no sentido radial, enquanto a CV aumentou até a metade do raio e diminuiu próximo a casca. Para ambas as espécies, não foi evidenciada uma zona de estabilização dos valores de DB e CV da madeira.

Propriedades dos lenhos juvenil e adulto: as propriedades do LJ foram inferiores qualitativamente ao LA para ambas espécies de mogno africano (Tabela 1). A exceção ocorreu para a CV, menor no LJ e para o FA da espécie *K. ivorensis*, que não evidenciou distinção entre os lenhos. Esta última espécie apresentou as menores médias de EP, CV, DB e DA quando comparada a *K. senegalensis*.

Com as diferenças nas médias das propriedades do LJ e LA (Tabela 1) foi possível calcular a porcentagem (Figura 3) que essas aumentaram ou diminuíram no sentido radial para as duas espécies do gênero *Khaya*. A maioria das médias das propriedades avaliadas aumentaram do LJ para o LA, sendo observado um decréscimo somente para os valores de frequência vascular, ângulo das microfibrilas e fator anisotrópico.

O crescimento em altura e diâmetro das árvores não teve correlação direta com a maioria das propriedades anatômicas e físicas do lenho das duas espécies de mogno africano. Excepcionalmente, as fibras da madeira foram mais longas nas árvores de maior altura comercial e a madeira foi mais estável dimensionalmente (menor FA) com o aumento do DAP das árvores de *K. senegalensis*. O incremento no

DAP, também está relacionado com uma redução do AMF do lenho das duas espécies do gênero *Khaya*, porém, a correlação foi significativa apenas para a madeira de *K. ivorensis*.

Tabela 1. Propriedades dos lenhos juvenil (LJ) e adulto (LA) e das espécies de *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 19 anos de idade.

Table 1. Properties of the juvenile (LJ) and mature wood (LA) and species of the 19-year-old *K. ivorensis* and *K. senegalensis*.

Propriedades	<i>K. ivorensis</i>			<i>K. senegalensis</i>		
	Média	LJ	LA	Média	LJ	LA
*CF (µm)	1302,7 a (3,89)	1242,2** (8,93)	1408,4 (2,19)	1376,2 a (4,69)	1273,2** (12,06)	1498,7 (4,67)
EP (µm)	4,17 b (9,47)	4,07** (4,01)	4,43 (7,69)	4,91 a (5,46)	4,76** (6,54)	5,48 (7,21)
DT (µm)	123,00 a (5,11)	111,76** (11,77)	137,39 (10,0)	121,16 a (4,19)	109,59** (11,73)	145,03 (9,73)
FV (nº cel.mm⁻²)	5,17 a (5,19)	6,60** (37,74)	4,04 (12,23)	5,03 a (17,29)	5,85** (39,6)	3,54 (9,60)
AMF (º)	6,33 a (17,24)	6,57** (12,23)	5,36 (8,70)	6,58 a (13,56)	6,68** (4,02)	5,18 (7,86)
CV (%)	9,28 b (4,79)	8,69** (10,37)	10,11 (5,16)	11,86 a (8,48)	10,94** (13,51)	12,68 (5,81)
DB (g.cm⁻³)	0,43 b (4,66)	0,41** (9,91)	0,47 (4,81)	0,57 a (4,91)	0,55** (3,10)	0,63 (6,01)
DA (g.cm⁻³)	0,53 b (6,02)	0,49** (8,48)	0,58 (3,72)	0,74 a (3,93)	0,71** (5,80)	0,79 (3,05)
FA	1,83 a (6,72)	1,87^{ns} (18,15)	1,77 (21,51)	1,71 a (12,72)	1,84** (13,01)	1,42 (13,69)

*CF: Comprimento e EP: Espessura da parede das fibras; DT: Diâmetro tangencial e FV: Frequência de vasos; AMF: Ângulo das microfibrilas; CV: Contração volumétrica; DB: Densidade básica; DA: Densidade aparente; FA: Fator anisotrópico.

Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação

a e **b**: diferença entre as médias das propriedades das espécies de *Khaya*.

****** e **ns**: as médias diferem ou não entre o LJ e LA de uma determinada espécie pelo teste t de *Student*, significativamente a 1%.

O aumento das dimensões das fibras (CF e EP) resultou em um acréscimo da DB [0,87 e 0,68 (P < 0,05)] e da CV [0,86 e 0,71 (P < 0,05)] e uma diminuição do AMF [-0,83 e -0,73 (P < 0,05)] e da FV [-0,85 e -0,71 (P < 0,05)] no LJ da *K. senegalensis*. O aumento do DT dos vasos também gerou uma diminuição da FV [-0,89 (P < 0,05)], o que permitiu um acréscimo da DB [-0,97 (P < 0,05)] e da CV [-0,84 (P < 0,05)] da madeira. Com a redução do AMF ocorreu um aumento na CV [-0,79 (P < 0,05)] no sentido radial.

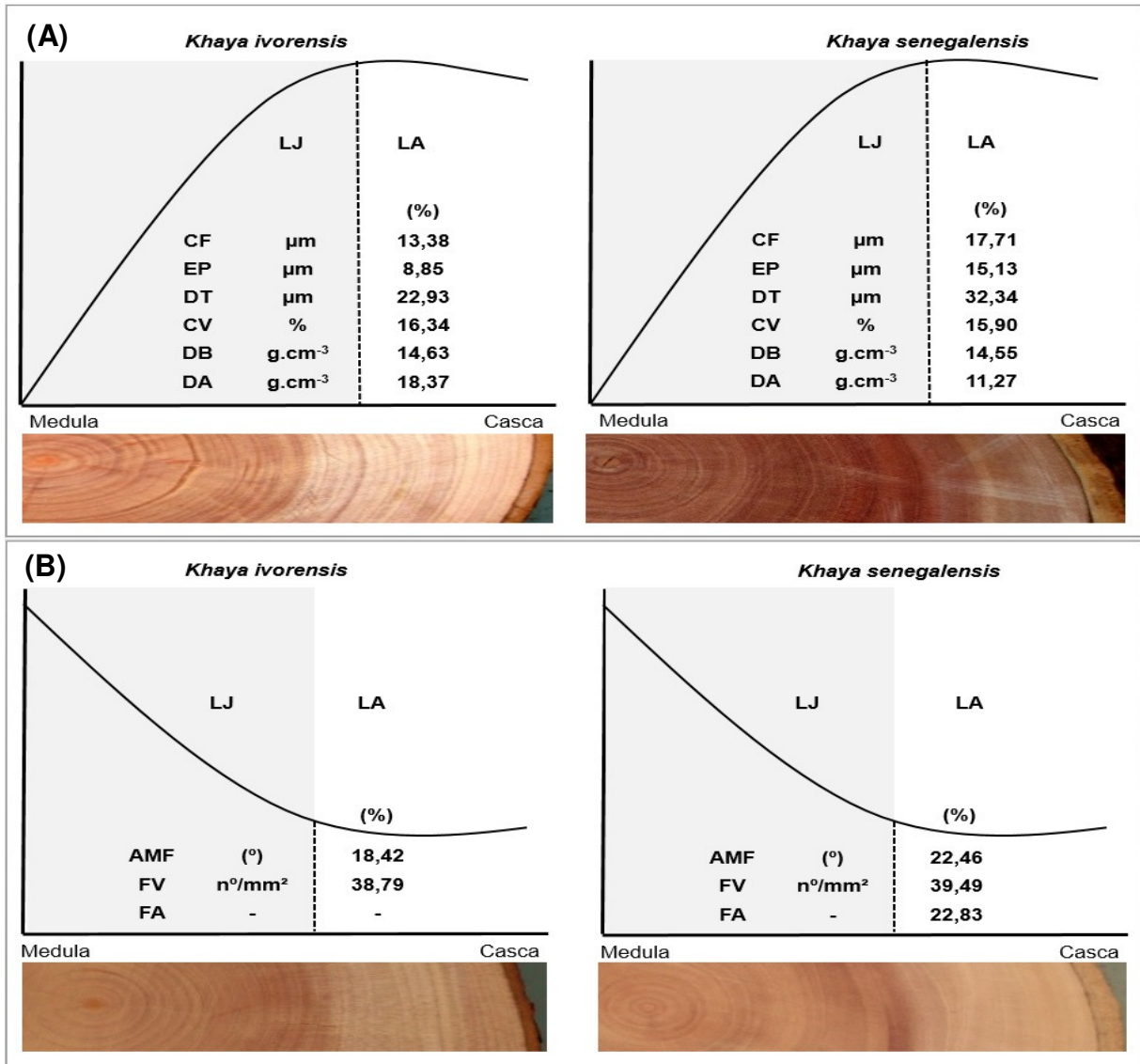


Figura 3. Valores em porcentagem das propriedades que aumentaram (A) e diminuíram (B) do LJ para LA das espécies de *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 19 anos de idade

Figure 3. Percentage amounts of properties that have increased (A) and decreased (B) of the LJ for LA species of the 19-year-old *K. ivorensis* and *K. senegalensis*.

Para o LJ da *K. ivorensis* também foi notado que com incremento do comprimento das fibras houve uma redução do AMF [-0,82 ($P < 0,05$)] e do número de vasos por área [-0,84 ($P < 0,05$)], e com aumento da EP ocorreu um aumento da CV [0,64 ($P < 0,05$)] da madeira. A DB dessa espécie aumentou com a diminuição do DT [-0,89 ($P < 0,05$)] e com o acréscimo da FV [0,93 ($P < 0,05$)]. Não foram observadas correlações significativas do AMF com as densidades básica e aparente [0,30; 0,31 ($P > 0,05$)] e CV [-0,32 ($P > 0,05$)].

A DB aumentou com o incremento do AMF [0,99 ($P < 0,05$)] no LA da *K. senegalensis*. Quanto ao LA da *K. ivorensis*, a maior EP contribuiu para a redução da CV [-0,92 ($P < 0,05$)] e esse último efeito proporcionou o aumento do FA da madeira [- 0,75 ($P < 0,05$)].

A Figura 4 ilustra a variação radial relacionada das propriedades no LJ e LA das duas espécies de mogno africano, sendo possível perceber o efeito da variabilidade do CF no AMF e da EP na DB desses lenhos.

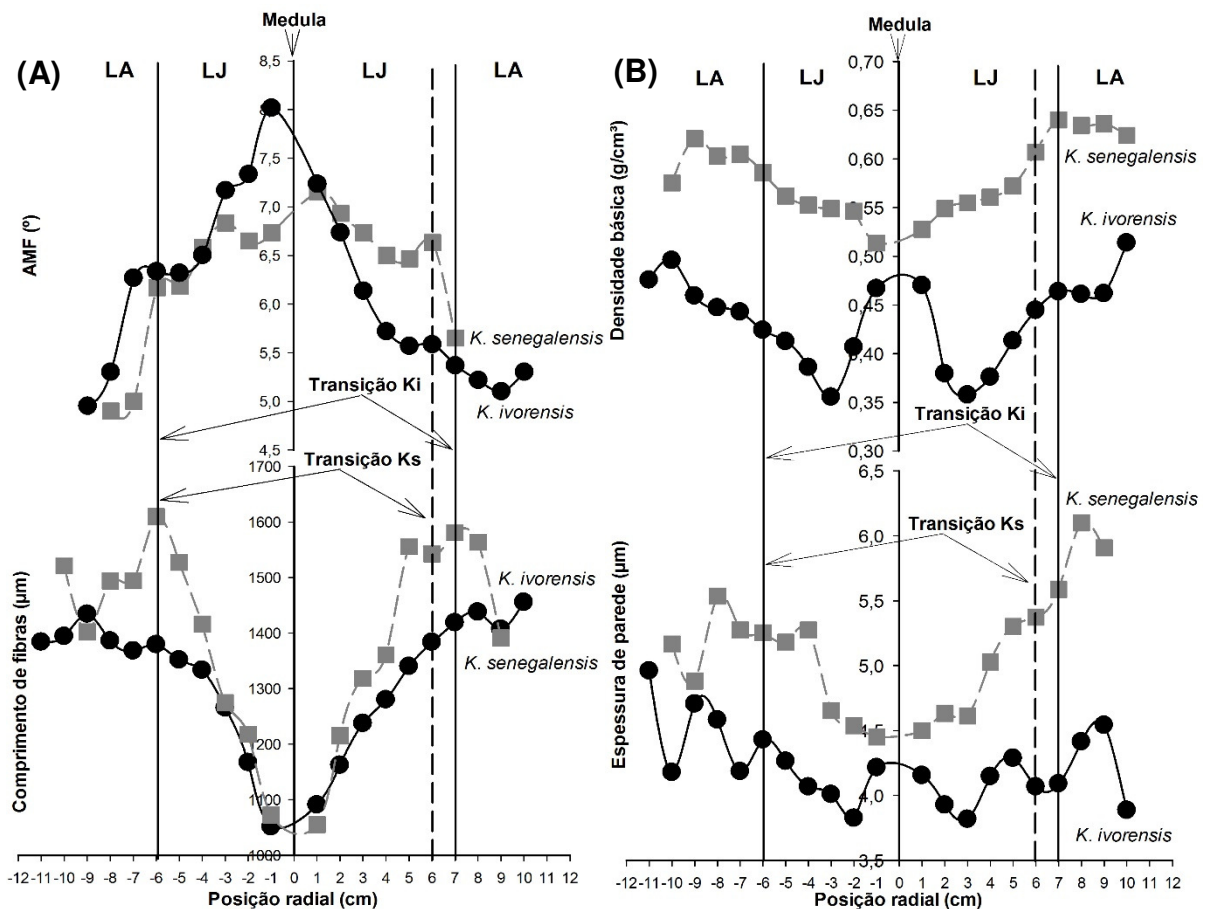


Figura 4. Variação radial relacionada das propriedades nos lenhos juvenil (LJ) e adulto (LA) da *K. ivorensis* (Ki) e *K. senegalensis* (Ks) aos 19 anos de idade. Efeito do CF no AMF (A) e da EP na DB (B).

Figure 4. Radial variation related of the properties on the juvenile (LJ) and mature wood (LA) of the 19-year-old *K. ivorensis* (Ki) and *K. senegalensis* (Ks). Effect of the CF in the AMF (A) and of the EP in the DB (B).

Os perfis densitométricos (Figura 5) evidenciaram a variação radial na DA entre o LJ e LA das duas espécies de mogno africano. Esses perfis contribuíram para o delineamento em escala micrométrica das diferenças de comportamento da densidade aparente nos LJ e LA e entre as espécies.

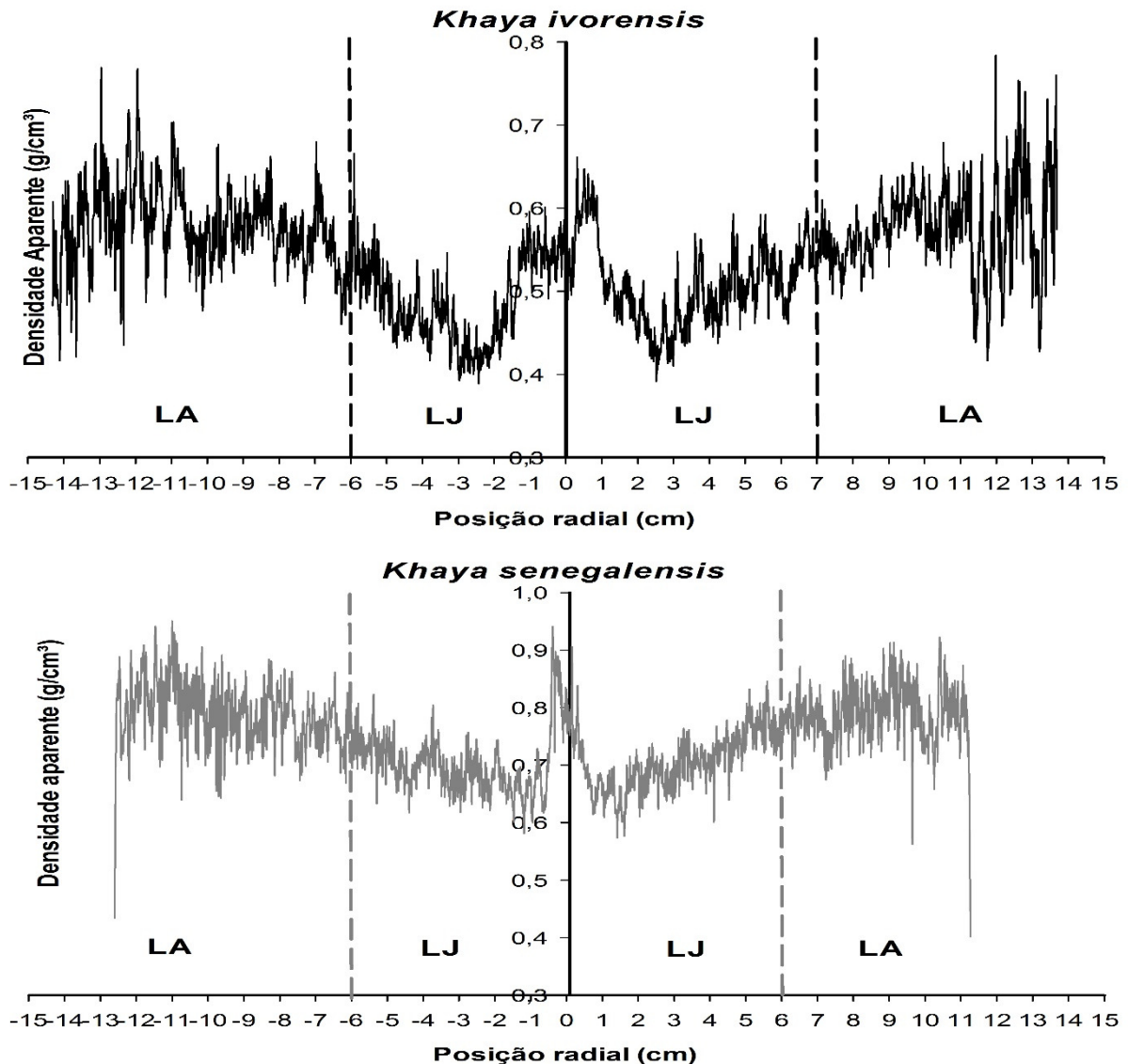


Figura 5. Perfis densitométricos do lenho juvenil (LJ) e adulto (LA) da *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 19 anos de idade.

Figure 5. Densitometric profiles of the juvenile (LJ) and mature wood (LA) of the 19-year-old *K. ivorensis* and *K. senegalensis*.

4. DISCUSSÃO

Delimitação do ponto de transição entre o lenho juvenil e adulto: de modo geral, sabe-se que a variação das propriedades da madeira corresponde a uma elevação ou decréscimo rápido dos valores durante o período juvenil até atingirem, durante a maturidade, valores que se mantêm mais ou menos constantes (JANKOWSKY, 1979). De tal modo, a variação radial do CF e da FV (Figura 1 e 2) da

madeira de mogno africano foram as propriedades mais consistentes e adequadas para delimitar o LJ e o LA na direção radial.

A transição entre os lenhos ocorreu de forma desigual para as propriedades e espécies, uma vez que, a resposta da FV à maturação foi mais rápida que o CF na madeira de *K. ivorensis* e o oposto foi observado para a madeira de *K. senegalensis*. A EP, DT, DB e CV apresentaram uma diferenciação entre os lenhos mais lenta e gradual, não sendo observada uma estabilização da sua variação para a idade referida das espécies de mogno africano. Zobel e Van Buijtenen (1989) elucidaram que a estabilização e mudança se dá de maneira mais rápida para a densidade do que para o comprimento das fibras da madeira, situação oposta a observada no presente trabalho.

Embora, a uma mesma idade e em condições semelhantes de ambiente e de manejo, existiu uma expressiva variabilidade no ponto de transição entre as espécies do gênero *Khaya*. Essas divergências são explicadas pelo fato que a proporção do LJ em um fuste, depende fundamentalmente da espécie e idade da árvore, das particularidades do crescimento, da pré-disposição genética para a maturação e, da extensão e vigor da copa ativa, subordinada à densidade do plantio (JOZSA; MIDDLETON, 1994). Em algumas espécies e indivíduos, a formação de LJ estende-se por vários anos, enquanto que em outros a formação de LA inicia-se mais cedo (LARA PALMA; LEONELLO; BALLARIN, 2010). Mediante o argumento que a transição pode ser diferente em razão das propriedades e causas mencionadas acima, a proporção de LJ também mudará, em virtude da variável empregada nessa análise (PALERMO et al., 2013).

Exemplificando, Donkor (1997) delimitou para as espécies *K. ivorensis* e *K. senegalensis* (idades não informadas) provenientes de distritos florestais em Gana, o ponto de transição entre o LJ e LA, em 14 e 18 cm a partir da medula, valores superiores aos observados para as mesmas espécies plantadas em Linhares, ES, Brasil. Além disso, para o plantio em Linhares, a *K. senegalensis* alcançou o ponto de transição mais próximo da medula em comparação com a *K. ivorensis*, sendo observada por isso, uma maior porcentagem de LA para a primeira espécie.

Percebe-se uma rápida mudança das propriedades anatômicas (CF e FV) formadas durante a fase jovem do câmbio vascular, regulada pela atividade hormonal nos estágios iniciais da vida da árvore (Figura 1 e 2). Conjuntamente, o crescimento em altura e o adensamento da copa das árvores de mogno africano, exigem uma

maior resistência mecânica do tronco para suportar o peso da copa e as ações externas, como vento, o que promove um rápido crescimento das dimensões das fibras, uma redução da quantidade de vasos por área e o aumento da densidade do lenho.

As árvores tornam-se aptas para crescer sob condições adversas, mudando as características da sua parede celular (HEIN; LIMA, 2012). Assim, as árvores jovens apresentam um alto AMF, pois necessitam de maior flexibilidade para que o tronco se curve com o vento sem quebrar. Em árvores maduras, o menor AMF assegura uma maior rigidez para que a árvore suporte o aumento do peso do fuste e da copa (TIENNE et al., 2009).

Propriedades dos lenhos juvenil e adulto: delimitada a região do LJ e LA, com a comparação das suas propriedades (Tabela 1) foi possível notar que o primeiro lenho se caracteriza por fibras curtas de parede finas, maior quantidade e diâmetro menor dos vasos, menor densidade, maior estabilidade volumétrica e maior AMF, em ambas espécies estudadas. As diferenças percebidas para a maioria das propriedades avaliadas entre o LJ e LA, confirmam a transição delimitada pela variação radial do comprimento de fibras e frequência vascular.

O LJ foi inferior e mais variável que o LA para a maioria das propriedades (Tabela 1), e mediante uma comparação entre as espécies, maior variabilidade desse lenho foi observada para a madeira de *K. ivorensis*. Propriedades inferiores no LJ também foram percebidas em pesquisas com outras espécies de folhosas (CALONEGO; SEVERO; ASSI, 2005; FERREIRA; SEVERO; CALONEGO, 2011; COBAS et al.; 2013).

A EP e o FA para ambas espécies de mogno africano e a DB e o AMF da *K. senegalensis* foram mais variáveis no LA do que no LJ (Tabela 1). Entende-se que a menor porção de LA no diâmetro e conseqüentemente o menor número de amostras, pode ter contribuído para tal resultado.

Avaliando a morfologia de fibras e vasos do LJ e LA, Donkor (1997) observou fibras mais longas, menor frequência e maior diâmetro dos vasos para o LA da *K. senegalensis* e CF superior no LA da *K. ivorensis*, resultado similar ao observado nesta pesquisa. Entretanto, para a espessura de parede das fibras houve uma similaridade entre os LJ e LA para as espécies *K. ivorensis* e *K. senegalensis* de origem ganesa, resultado divergente ao encontrado para as espécies plantadas em Linhares, ES, Brasil.

Algumas das propriedades do LJ tais como fibras mais curtas, baixa densidade e um maior AMF, podem influenciar adversamente a resistência mecânica e a estabilidade dimensional da madeira serrada do mogno africano. Porém, uma característica admissível do LJ foi o AMF (Tabela 1) relativamente pequeno para as duas espécies de mogno africano, considerando a faixa de variação de 5 a 30° na camada S2 e que pode ser dependente de esforços mecânicos externos (SULTANA; RAHMAN, 2014).

Não houve diferenças das dimensões dos vasos, do CF, AMF e FA entre as espécies de mogno africano. Porém, com o aumento do comprimento e da espessura da parede das fibras da madeira de *K. senegalensis*, houve uma maior área e massa de material lenhoso, em um determinado volume, o que contribui para um incremento dos valores de DB e de CV dessa espécie. Articulado a isso, madeiras mais densas, para um mesmo teor de umidade, contêm mais água na parede celular, colaborando para as variações volumétricas (VIDAURRE et al., 2011).

Zobel e Van Buijtenen (1989) arrazoam que em coníferas a magnitude de mudança no comprimento das células do LJ para o LA pode ser três ou quatro vezes, podendo ser muito menor em folhosas. O CF aumentou 1,33 e 1,09 vezes e a FV diminuiu 2,68 e 2,81 vezes do LJ para o LA na madeira de *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, respectivamente, aos 19 anos de idade.

As mudanças que ocorrem nas propriedades do LJ para o LA foram mais consistentes na madeira de *K. senegalensis* (Figura 3). Para as duas espécies do gênero *Khaya*, a quantidade de vasos por área, seguida do diâmetro tangencial desses elementos, foram as propriedades com diferença mais marcante entre o LJ e LA, o que assegura a utilização da FV para a demarcação do ponto de transição entre os lenhos. Foi possível notar que o incremento na DB do LJ para o LA foi semelhante entre as duas espécies de mogno africano.

A variação das propriedades do LJ a cada centímetro radial, a porção desse lenho e o tamanho do fuste, afetam o valor econômico dos produtos gerados e dificultam os esforços pelo uso mais eficiente deste material. Por exemplo, uma tábua que é predominantemente LA poderá ter empenamentos significativos se uma das bordas for composta de LJ (JOZSA; MIDDLETON, 1994; PETERSON; DIETTERICH; LACHENBRUCH, 2007; SHMULSKY; JONES, 2011).

Considerando, a importância do DAP em programas de manejo para a produção de madeira serrada, a redução do AMF e do FA com o aumento do diâmetro

das árvores de mogno africano é uma característica fundamental. Uma vez que, os maiores valores de AMF e FA são relacionados a menor estabilidade dimensional, maiores índices de empenamentos e menor resistência mecânica da madeira serrada (destacando o AMF). Além disso, é importante ressaltar, que o comportamento radial do AMF em toras de tamanho comercial não depende apenas do genótipo da árvore, mas também das condições ambientais a ela impostas (LIMA; BREESE; CAHALAN, 2004).

Para o LJ da *K. ivorensis*, a redução do diâmetro tangencial e o aumento da quantidade de vasos por área, contribuiu para o aumento da DB. Essa relação é elucidada pelo fato da densidade ter sido maior próximo da medula, região com grande ocorrência de vasos de diâmetro estreito. Ocorreu para o LJ do mogno africano uma influência direta das dimensões dos elementos anatômicos (fibras e vasos) sobre a densidade e contração volumétrica da madeira.

A variação radial do CF, EP, AMF e DB, ocorre de forma relacionada (Figura 4) no LJ das duas espécies de mogno africano. O aumento do comprimento e espessura da parede das fibras ao longo da porção de LJ, contribuiu para uma redução do AMF e aumento da DB. Todavia, houve uma simetria do comportamento da variação do AMF com o comprimento das fibras e da densidade básica com a espessura da parede.

A diminuição do AMF com o aumento das dimensões das fibras [Figura 4 (A)] está relacionado à baixa divisão cambial, a qual leva a um maior tempo de expansão celular, uma vez que os maiores ângulos são encontrados em células menores, e vice versa (RIBEIRO; MORI; MENDES, 2011).

O AMF demonstra uma relação variável com a densidade da madeira, podendo existir ou não uma correlação (DONALDSON, 2008). A ausência de correlações significativas entre o AMF e a DB e DA para o LJ da *K. ivorensis*, significa que somente a densidade não seria uma variável suficiente para concluir sobre a qualidade ultraestrutural desse lenho, dado que 70% da variação do AMF não seria explicada pela DB e DA. Ou seja, a densidade e o AMF devem ser trabalhadas conjuntamente para um retorno adequado da qualidade do lenho, em virtude da soma dos efeitos e correlações dessas variáveis com as outras propriedades da madeira.

Para a espécie *K. ivorensis*, fibras espessas na região próxima a medula contribuíram para altos valores de densidades básica [Figura 4 (B)] e aparente, perfazendo até $\frac{1}{4}$ do raio (Figura 5). Além da EP, essa variação de densidade também

pode ser elucidada pela presença de cristais e de amido nas células de parênquima (TOMAZELLO FILHO, 2006).

Nos perfis densitométricos (Figura 5), foi possível observar um rápido aumento da densidade do LJ para o LA, porém sem uma zona de estabilização neste último, e maior variabilidade de DA para a madeira de *K. ivorensis* se comparada a *K. senegalensis*. Os picos elevados de DA correspondem a regiões de maior atenuação dos raios X, como zonas fibrosas do lenho tardio, menor DT e FV e depósitos de extrativos e tiloses nos vasos da região do cerne.

Os menores valores de DB próximo a medula da madeira de *K. senegalensis* e a queda dessa propriedade em $\frac{1}{4}$ do raio para a *K. ivorensis*, podem estar associados com o incremento radial, pois condições favoráveis para o rápido crescimento usualmente conduzem a baixas densidades do lenho (KOUBAA et al., 2005). Nas fases iniciais do crescimento, quando fatores ambientais e intrínsecos induzem ao rápido crescimento do tronco das árvores, o volume de LJ é maior em relação ao LA e os anéis de crescimento mais largos resultam em redução da densidade do lenho (LOBÃO et al., 2012).

Para a situação em estudo, na idade de 19 anos, menos de 50% do diâmetro das primeiras toras das árvores de mogno africano seriam aproveitados para a produção de madeira serrada de maior qualidade e valor. Considerando o volume relativamente baixo das toras, o incremento da porção de LJ em alturas superiores e as possíveis perdas no processamento e na secagem, haverá uma redução significativa do aproveitamento e da relação benefício-custo da madeira de mogno africano.

Tendo em vista os usos (móveis, construção naval e arquitetura de interiores) para qual a madeira de mogno africano é almejada, a oferta prematura dessa madeira com propriedades instáveis e predominância do LJ, poderá formar opiniões errôneas sobre a sua potencial qualidade, podendo inviabilizar o uso das espécies de mogno africano e gerar prejuízos nos investimentos. Desta forma, são necessários mais alguns anos para a realização do corte raso das árvores, para que ocorra uma estabilização das propriedades da madeira e um aumento da extensão de LA. Em geral, quanto maior a idade de rotação, menor será a porção de LJ na árvore inteira e maior a resistência mecânica do LA (ZOBEL; VAN BUIJTENEN, 1989; BAO et al., 2011).

A colheita deverá ser planejada em função da idade de rotação na qual haja uma maior fração do volume das toras composta por LA e que já não seja útil para minimizar a proporção de LJ da madeira, em virtude da ausência de oscilações do volume desse lenho. É importante considerar cuidadosamente a suscetibilidade da madeira para as diretrizes de um determinado produto, por isso, na ocorrência de desbastes ao longo da rotação, o uso racional do LJ terá que ser investigado.

5.CONCLUSÃO

A transição entre os lenhos juvenil e adulto ocorreu de forma distinta entre as propriedades da madeira e para as duas espécies de mogno africano. O comprimento das fibras e a frequência de vasos foram as variáveis mais adequadas para delimitação desses lenhos.

Uma menor proporção de lenho juvenil foi encontrada para a espécie *Khaya senegalensis*, que também apresentou mudanças mais consistentes nas propriedades desse lenho para o lenho adulto.

A maioria das propriedades do lenho juvenil foram mais variáveis e inferiores qualitativamente ao lenho adulto, para as duas espécies do gênero *Khaya*.

O ângulo das microfibrilas diminuiu e a densidade básica aumentou com o acréscimo das dimensões das fibras da madeira, ocorrendo uma simetria na variação relacionada do ângulo das microfibrilas com o comprimento das fibras e da densidade básica com a espessura da parede das fibras no lenho juvenil das duas espécies de mogno africano.

Para a idade de 19 anos, o lenho juvenil correspondeu a maior porção do diâmetro do fuste, sendo necessário mais alguns anos para que ocorra uma estabilização das propriedades da madeira e o aumento da proporção de lenho de maior qualidade e valor.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira e o PPG em Ciências Florestais da UFES, a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito

Santo – FAPES, a empresa Vale, a Reserva Natural Vale e aos Laboratórios de Anatomia, Identificação e Densitometria de raios X em Madeira, ESALQ-USP, e de Propriedade física e mecânica da madeira, UFLA.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

BAO, F. C.; JIANG, Z. H.; JIANG, X. M.; LU, X. X.; LUO, X. Q.; ZHANG, S. Y. Differences in wood properties between juvenile wood and mature wood in 10 species grown in China. **Wood Science and Technology**, v. 35, p. 363-375, 2001.

BHAT, K. M.; PRIYA, P. B.; RUGMINI, P. Characterisation of juvenile wood in teak. **Wood Science and Technology**, v. 34, p. 517-532, 2001.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D.; ASSI, P. P. Mensuração do comprimento das fibras para a determinação da madeira juvenil em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p.113-121, 2005.

CASTRO, V. R. **Aplicação de métodos não destrutivos na avaliação das propriedades físicas do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. e *Tectona grandis***. 2011. 106 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

COBAS, A. C.; AREA, M. C.; MONTEOLIVA, S. Transición de madera juvenil a madura en un clon de *Populus deltoides* implantado en Buenos Aires, Argentina. **Maderas Ciencia y tecnología**, v.15, n. 2, p. 223-234, 2013.

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **Método para la descripción de características generales, macroscópicas de las maderas angiospermas dicotiledóneas**. Santiago. v. 30, p. 1-19, 1974.

DONALDSON, L. Microfibril angle: measurement, variation and relationships – a review. **IAWA Journal**, v. 29, n. 4, p.345-386, 2008.

DONKOR, B. N. **Stem wood structure of four Ghanaian *Khaya* species**. 1997. 105 f. Thesis (Master of Science in Forestry) - Faculty of Forestry, Lakehead University, Thunder Bay, Ontario.

FERREIRA, A. L.; SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W. Determination of fiber length and juvenile and mature wood zones from *Hevea brasiliensis* trees grown in Brazil. **Eur. J. Wood Prod.**, v. 69, p. 659-662, 2011.

GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R.; BULIGON, E. A.; CALEGARI, L.; STANGERLIN, D. M.; OLIVEIRA, L. S. Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto para *Platanus x acerifolia* (Ait.) Willd. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 393-398, 2007.

HEIN, P. R. G.; LIMA, J. T. Relationships between microfibril angle, modulus of elasticity and compressive strength in *Eucalyptus* wood. **Maderas Ciencia y tecnología**, v. 14, n. 3, p. 267-274, 2012.

JANKOWSKY, I. P. Madeira Juvenil: Formação e Aproveitamento industrial. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n. 81, 15 p., 1979.

JOZSA, L. A.; MIDDLETON, G. R. **A discussion of wood quality attributes and their practical implications**. Vancouver: Forintek Canada Corp., Western Laboratory, 1994. 42 p.

KOUBAA, A.; ISABEL, N.; ZHANG, S. Y.; BEAULIEU, J.; BOUSQUET, J. Transition from juvenile to mature wood in black spruce (*Picea Mariana* (MILL.) B.S.P.). **Wood and Fiber Science**, v. 37, n. 3, p. 445-455, 2005.

LARA PALMA, H. A.; LEONELLO, E. C.; BALLARIN, A. W. Demarcação da madeira juvenil e adulta de *Corymbia citriodora*. **Cerne**, Lavras, v. 16, Suplemento, p. 141-148, 2010.

LIMA, J. T.; BREESE, M. C.; CAHALAN, C. M. Variation in microfibril angle in *Eucalyptus* clones. **Holzforschung**, Berlin, v. 58, p. 160-166, 2004.

LOBÃO, M. S.; COSTA, D. P.; ALMONACID, M. A. A.; TOMAZELLO FILHO, M. Qualidade do Lenho de árvores de *Schizolobium parahyba* VAR. *amazonicum*, Acre, Brasil. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 3, p. 374-384, 2012.

PALERMO, G. P. M.; LATORRACA, J. V. F.; SEVERO, E. T. D.; NASCIMENTO, A. M. REZENDE, M. A. Delimitação entre os lenhos juvenil e adulto de *Pinus elliottii* Engelm. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, n. 1, p. 191-200, 2013.

PERES, M. L.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; CALEGARI, L.; BELTRAME, R.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Idade de segregação do lenho juvenil e adulto pela variação da massa específica de açoita-cavalo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 9, p.1596-1602, 2012.

PETERSON, M. G.; DIETTERICH, H. R.; LACHENBRUCH, B. Do Douglas-fir branches and roots have juvenile wood? **Wood and Fiber Science**, v. 39, n. 4, p. 651-660, 2007.

RIBEIRO, A. O.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Características das dimensões das fibras e análise do ângulo microfibrilar de *Toona ciliata* cultivada em diferentes localidades. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 1, p. 47-56, 2011.

SHMULSKY, R.; JONES, P. D. **Forest Products and Wood Science: An Introduction**. 6ª ed. Chichester: John Wiley & Sons LTDA, 2011. 483 p.

SULTANA, R. S.; RAHMAN, MD. M. An Overview of Microfibril Angle in Fiber of Tension Wood. **European Journal of Biophysics**, v. 2, n. 2, p. 7-12, 2014.

TIENNE, D. L. C.; OLIVEIRA, J. N.; PALERMO, G. P. M.; SOUSA, J. S.; LATORRACA, J. V. F. Influência do espaçamento no ângulo das microfibrilas e comprimento de fibras de clone de eucalipto. **Revista Forestal Latinoamericana**, v. 24, n. 1, p. 67-83, 2009.

TOMAZELLO FILHO, M. **Efeito da irrigação e fertilização nas propriedades do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* x *urophylla***. 2006. 135 f. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2006.

VIDAURRE, G.; LOMBARDI, L. R.; OLIVEIRA, J. T. S.; ARANTES, M. D. C. Lenho Juvenil e Adulto e as Propriedades da Madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 4, p. 469-480, 2011.

ZOBEL, B. J.; VAN BUIJTENEN, J. P. **Wood variation: its causes and control**. Berlin: Springer – Verlag, 1989. 361 p.

ARTIGO II

**QUALIDADE DA MADEIRA DE MOGNO AFRICANO PARA A PRODUÇÃO
DE SERRADOS**

Qualidade da madeira de mogno africano para a produção de serrados

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a deformação residual longitudinal, o índice de rachaduras (de topo de toras e tábuas), o deslocamento da medula e os defeitos de tábuas secas das espécies de *K. ivorensis* e *K. senegalensis* para a produção de madeira serrada. O material foi proveniente de um plantio experimental em Linhares, ES, Brasil, sendo utilizadas cinco árvores por espécie, com 19 anos de idade. Com as árvores em pé foi realizada a leitura da deformação residual longitudinal, utilizando o método CIRAD – Forêt. Após o corte das árvores, os topos inferiores das toras da base foram fotografados para a mensuração das rachaduras e do deslocamento da medula. As rachaduras de topo e os empenamentos das tábuas também foram mensurados, após o desdobro. No geral, não houve diferenças significativas nas médias de deformação residual longitudinal, índice de rachaduras de toras e tábuas e deslocamento da medula entre as espécies. Todavia, a espécie *K. ivorensis* apresentou as maiores dimensões de rachaduras de topo de toras e de tábuas secas, enquanto, as tábuas de *K. senegalensis* tiveram o maior empenamento. Os índices das variáveis avaliadas não são elevados ao ponto de inviabilizar o uso e a qualidade das duas espécies de mogno africano para a produção de madeira serrada, sendo importante ponderar, principalmente, a forma e dimensões das árvores e os defeitos da madeira serrada na região de lenho juvenil.

Palavras-chave: *Khaya*, Deformação residual longitudinal, Rachaduras, Defeitos da madeira serrada.

Wood Quality of African mahogany for the lumber production

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the longitudinal residual strain, the index of splits (top of logs and boards), the displacement of the pith and the defects of dried boards of the species of *K. ivorensis* and *K. senegalensis* for the lumber production. The material come from an experimental plantation in Linhares, ES, Brazil, being utilized five trees by species, with 19 years old. With trees standing was taken the reading of the longitudinal residual strain using the method CIRAD – Forêt. After the cut of the trees, the bottom of the logs were photographed for measurement of splits and displacement of the pith. The end splits and warping of the boards were also measured, after the breakdown. Overall, there were not statistical differences in longitudinal residual strain, index split of logs and boards and displacement of the pith between species. However, *K. ivorensis* species showed the larger dimensions of end split logs and dried boards, while, the boards of *K. senegalensis* had higher warping. The indexes of the variables are not elevated to the point make unfeasible the use and the wood quality of the two species of African mahogany for the lumber production, it is important to consider, mainly, the shape and dimensions of trees and lumber defects in the region of juvenile wood.

Keywords: *Khaya*, Longitudinal residual strain, Splits, Lumber defects.

1. INTRODUÇÃO

Os plantios de mogno africano têm aumentado no Brasil nos últimos anos, com o objetivo de atender a demanda crescente por madeira para produtos sólidos, motivados pelo seu valor no mercado internacional. Sob a denominação de mogno africano, são comercializadas no país mudas de três espécies: a *Khaya ivorensis* (mais utilizada em plantios comerciais), a *K. senegalensis* e a *K. anthotheca*. Todavia, ainda são escassas as informações científicas a respeito das propriedades tecnológicas da madeira dessas espécies plantadas no país.

A espécie *K. ivorensis* pode apresentar sapopemas e cancro (*Lasiodyplodia theobromae*), e possui uma menor conicidade do fuste e copas mais amplas em relação à espécie *K. senegalensis*. Prontamente, árvores dessa última espécie exibem com frequência bifurcações no tronco e maior espessura da casca quando comparada às árvores de *K. ivorensis*. Essas duas espécies plantadas na região Norte do estado do Espírito Santo, apresentam boa desrama natural, semelhanças quanto ao fator de forma e madeira com cerne pouco distinto do alburno.

Os principais usos da madeira de mogno africano são a movelaria, a produção de lâminas decorativas e instrumentos musicais, a construção naval e a arquitetura de interiores. Para a maioria destes produtos, as toras precisam ser desdobradas, e madeira com elevado padrão de qualidade (boa forma do fuste, baixo índice de tensões de crescimento, rachaduras e empenamentos) resultará em maiores índices de rendimento e aproveitamento na produção.

A deformação residual longitudinal (DRL) e o índice de rachaduras de topo de toras (IRTT), indicadores das tensões de crescimento, encontram-se entre os principais parâmetros utilizados para a avaliação da qualidade de toras e de diferentes materiais genéticos para uso em serrarias (LIMA; GARCIA; PIEDADE, 2002; LIMA et al., 2004; FRANÇA, 2014). Em adição a esses parâmetros, a avaliação de defeitos nas tábuas permite delinear de forma trivial o potencial de espécies florestais para a produção de madeira serrada.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a deformação residual longitudinal, o índice de rachaduras (de topo de toras e tábuas), o deslocamento da medula e os defeitos de tábuas secas das espécies de *K. ivorensis* e *K. senegalensis* para a produção de madeira serrada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Sítio e amostragem experimental: as espécies de mogno africano estudadas foram a *Khaya ivorensis* A. Chev. e a *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. (19 anos), provenientes de um mesmo plantio experimental da Reserva Natural Vale, Linhares, Espírito Santo, Brasil (19° 06' a 19° 18' S e 39° 45' a 40° 19' W).

O relevo da Reserva Natural Vale é relativamente plano com altitude que varia de 28 a 65 m, sendo o solo predominante o argissolo amarelo. O clima do local, segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw (tropical úmido), com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Os indivíduos cresceram anualmente sob uma pluviosidade média de 1200 mm, temperatura média de 25,08 °C e umidade relativa do ar de 82,9%.

O espaçamento inicial de plantio foi de 2 x 3 m, em uma área útil de 0,15 ha. No momento do plantio foram aplicados 200 g de superfosfato simples por cova. Os lotes de sementes foram provenientes de Burkina-Faso e Senegal para a espécie *K. senegalensis* e da França para a espécie *K. ivorensis*.

Foram coletadas cinco árvores de cada espécie, que previamente tiveram a altura comercial (considerada até a inserção do primeiro galho ou bifurcação), o diâmetro à altura do peito (DAP) e a DRL mensurados (Figura 1).

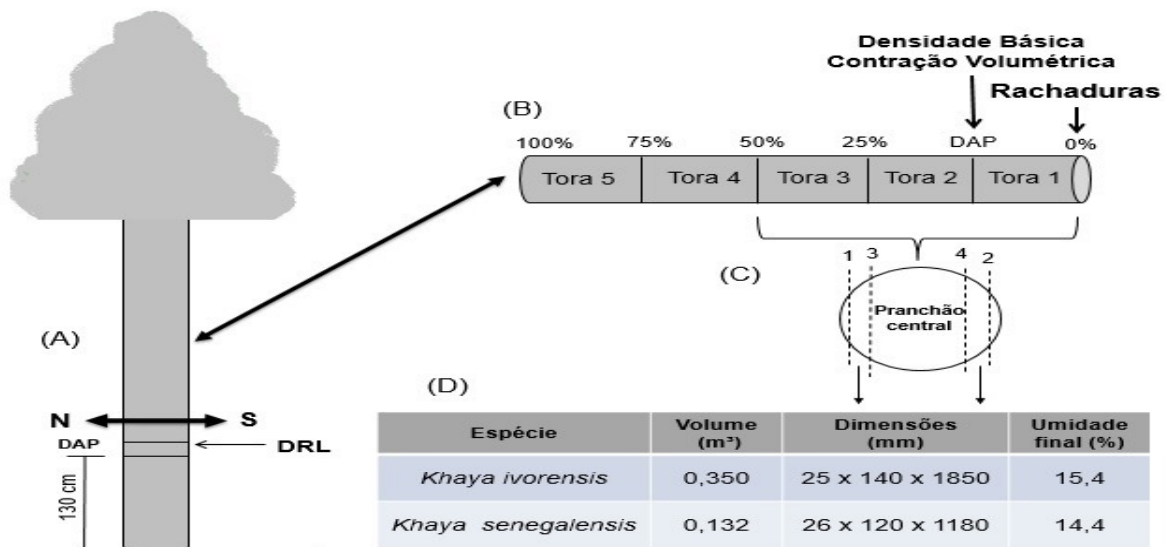


Figura 1. Amostragem e pontos de análises: DRL com árvore em pé (A); amostragem do fuste (B); modelo de corte (C); características das tábuas (D).

Figure 1. Sampling and analyzes points: LRS with standing tree (A); sampling of the bole (B); sawing diagram (C); characteristics of the boards (D).

DRL: a medição da DRL foi realizada na altura do DAP [Figura 1 (A)], considerando as direções cardeais norte e sul, em momentos de ausência de vento, conforme a metodologia do *Centre de Coopération Internationale em Recherche Agronomique pour le Développement, Département des Forêt* (CIRAD – Forêt). O equipamento utilizado foi um relógio comparador digital, comumente chamado de extensômetro (*Growth Strain Gauge*), conforme descrito por Beltrame et al. (2013).

Rachaduras de topo de toras e deslocamento da medula (DM): para a mensuração das dimensões das rachaduras de topo das toras foi adotada a metodologia proposta por Schaitza, Mattos e Pereira (2003). Apenas o topo da base da primeira tora das árvores [Figura 1 (B)] foi fotografado logo após o corte, posicionando a câmera em uma distância padrão de 1 m e em direção ao eixo longitudinal da tora. Permitindo assim obter as dimensões (abertura e comprimento) das rachaduras de topo e o deslocamento da medula, por meio do *software Image J* (versão 1.47). O IRTT foi calculado de acordo com a metodologia “P”, proposta por Lima, Garcia e Piedade (2002), considerando o somatório da área das rachaduras em relação ao diâmetro da tora, e o DM seguindo o método utilizado por Lima, Garcia e Stape (2007).

Ressalva-se que somente as rachaduras da primeira tora de cada árvore foram avaliadas, por causa do diâmetro ser superior a 25 cm, benquisto na produção de madeira serrada.

Rachaduras de topo e empenamentos de tábuas secas: as três primeiras toras de cada árvore foram desdobradas, produzindo-se um pranchão central (80 mm de espessura) e tábuas tangenciais (25 mm de espessura) [Figura 1 (B), (C) e (D)]. Pelo menos duas tábuas foram desdobradas de cada tora e, eventualmente, três ou quatro (máximo), de acordo com o diâmetro. As tábuas foram refiladas e empilhadas para secagem natural, atingindo a umidade de equilíbrio da região (16%) em 172 dias. O índice de rachaduras de topo de tábuas secas (IRTS), o encurvamento e arqueamento foram medidos em seguida, conforme a Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 9487 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1986).

Densidade básica (DB) e contração volumétrica total (CV): para a determinação das propriedades físicas do lenho, foram utilizados os discos da altura do DAP [Figura 1 (B)] de todas as árvores, dos quais foram retirados corpos de prova

de 2 x 2 x 1 cm³ (longitudinal, tangencial e radial) a cada centímetro radial. A DB e a CV foram determinadas conforme a NBR 7190 (ABNT, 1997).

Análise estatística: o experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, tendo como tratamentos as duas espécies (*K. ivorensis* e *K. senegalensis*) e o nível de significância adotado para todos os testes foi de 5% de probabilidade.

Foi aplicado o teste t de *Student* ao conjunto de dados (DRL, IRTT, DM, IRTS, arqueamento, encurvamento, DB e CV) dos dois tratamentos para verificar a existência ou não de diferença entre eles. Antes desta análise, foi testada a homogeneidade das variâncias.

Para variáveis com valores em porcentagem (IRTT, IRTS, arqueamento e encurvamento), verificou-se a necessidade de transformação dos dados originais pelo teste de normalidade de variância (Shapiro-Wilk), para isso utilizou-se a transformação potência (BOX; COX, 1964), demonstrada na Equação 1.

$$DT = \left(\frac{do^{0,2} - 1}{0,3176} \right) + 2 \quad (1)$$

Em que: DT: Dado Transformado; do: Dado Original, %.

A relação entre as variáveis estudadas foi analisada por meio do coeficiente de correlação linear de Pearson e seu valor P.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura comercial das árvores de mogno africano apresentou uma diferença expressiva, comum em indivíduos de propagação seminífera, onde a espécie *K. ivorensis* manifestou o maior crescimento, média de 14,94 m, comparado aos 8,21 m das árvores de *K. senegalensis*, uma diferença de 45%. O DAP médio (25 cm) das árvores de ambas as espécies foi semelhante. Considerando que o fator de forma (0,71) das espécies foi similar, a espécie *K. ivorensis* proporcionou um maior volume de madeira para laminação ou serraria, principalmente, por causa da altura e ausência de bifurcações no fuste das árvores.

DRL: a deformação residual longitudinal não diferenciou significativamente entre as duas espécies de mogno africano e nem entre os pontos cardeais (Norte e Sul) de leitura (Tabela 1), fato também observado por Lima et al. (2004) e França (2014), para o gênero *Eucalyptus*, em diferentes idades.

Tabela 1. Valores médios de deformação residual longitudinal, índice de rachaduras de topo de toras e tábuas, deslocamento da medula e empenamentos da madeira de *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 19 anos de idade.

Table 1. Average values of longitudinal residual strain, index end splits of logs and boards, displacement of the pith and warping of the wood of 19-year-old *K. ivorensis* and *K. senegalensis*.

Espécie	*DRL mm	IRTT %	DM cm	IRTS %	ENC %	ARQ %
<i>K. ivorensis</i>	0,082^{ns} (0,041)	0,20^{ns} (0,17)	2,17^{ns} (1,02)	9,46^{ns} (9,87)	0,37^{**} (0,26)	0,18^{**} (0,15)
<i>K. senegalensis</i>	0,084 (0,039)	0,05 (0,04)	1,53 (1,32)	6,40 (5,64)	0,79 (0,63)	0,26 (0,16)

*DRL: Deformação residual longitudinal; IRTT: Índice de rachaduras de topo de toras; DM: Deslocamento de medula; IRTS: Índice de rachaduras de tábuas secas; ENC: Encurvamento; ARQ: Arqueamento.

Valores entre parênteses referem-se ao desvio padrão.

** e ns: As médias diferem e não diferem significativamente entre si em nível de 1% de probabilidade pelo teste *t* de Student, respectivamente.

Destaca-se que as médias dos valores da DRL (Tabela 1) das duas espécies de mogno africano estão compreendidas entre 0,042 a 0,158 mm, faixa de variação observada em pesquisas com espécies do gênero *Eucalyptus*, entre as idades de 6 a 19 anos plantados no Brasil. Mencionando, por exemplo, os trabalhos de Lima et al. (2004), Carvalho et al. (2010), Beltrame et al. (2013) e França (2014).

Na seleção de árvores para serraria é interessante conhecer a relação da DRL com o DAP da árvore. Pois, o diâmetro é a variável mais empregada neste tipo de seleção, por interferir diretamente no rendimento produtivo, além da fácil mensuração em campo.

A DRL não correlacionou significativamente com a características dendrométricas (altura comercial e DAP) e com o deslocamento da medula das árvores para as duas espécies de mogno africano. É possível que neste caso, a DRL esteja mais associada com os efeitos e mudanças que as árvores sofreram ao longo do crescimento, do que com o crescimento propriamente dito de suas dimensões.

Ademais, o deslocamento da medula nas toras da base das espécies de *Khaya* foi pequeno, não havendo por isso efeito sobre as deformações residuais.

O aumento da DRL resultou em maiores rachaduras de topo de toras, uma vez que, a correlação entre o IRTT e DRL foi positiva (Figura 2), apesar de não significativa, para ambas espécies de mogno africano. Resultado similar foi encontrado por França (2014), para a relação da DRL com as rachaduras de topo de toras de sete clones do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 13 anos.

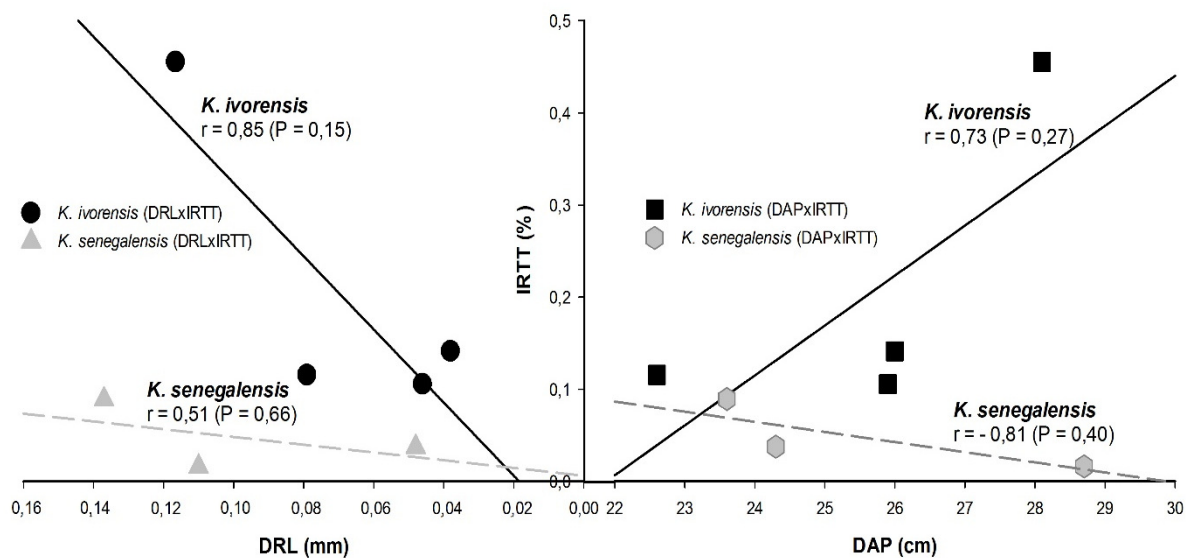


Figura 2. Diagrama de dispersão do índice de rachaduras de topo de toras (IRTT) com a deformação residual longitudinal (DRL) e o diâmetro na altura do peito (DAP) da *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 19 anos de idade.

Figure 2. Scatter plots the index end splits of logs (IRTT) with the longitudinal residual strain (LRS) and the diameter at breast height (DBH) of 19-year-old *K. ivorensis* and *K. senegalensis*.

Rachaduras de topo de toras e deslocamento da medula: as toras de *K. ivorensis* evidenciaram os maiores comprimentos de rachaduras de topo (diferença de 4,4 cm) e conseqüentemente a maior área deste defeito comparada as toras de *K. senegalensis*. Entretanto, o IRTT das duas espécies não diferenciou estatisticamente (Tabela 1). A incidência deste defeito nas toras de mogno africano foi inferior a delimitada para toras de *E. grandis*, de 21 e 18 anos de idade, por Lima, Garcia e Stape (2007) e Trevisan et al. (2013), respectivamente.

As rachaduras de topo das toras de *K. senegalensis*, em sua totalidade, ocorreram em regiões mais próximas da medula, compostas por lenho juvenil. Esse

mesmo defeito para as toras de *K. ivorensis*, ocorreu tanto em regiões próximas à medula quanto à casca, perfazendo as zonas de lenho juvenil e adulto.

O DAP das árvores de *K. ivorensis* teve, apesar de não significativas, correlações medianas e positivas com o IRTT (Figura 2). Comportamento oposto foi observado para a espécie *K. senegalensis*, ou seja, à medida que aumentou o diâmetro das árvores reduziram-se as rachaduras de topo. Apesar da semelhança do DAP das árvores, observada para as duas espécies de mogno africano, houve um comportamento diferente da relação DAP / IRTT para ambas. Ressalva-se que a pré-disposição genética de cada espécie para o desenvolvimento das rachaduras de topo das toras, provocadas pelas tensões de crescimento, pode ser um fator que neste caso influenciou em maior grau que o ambiente, os níveis de crescimento e a idade (ARMSTRONG et al., 2007).

A redução da proporção das rachaduras das toras de *K. senegalensis* à medida que ocorre um incremento do diâmetro, é um ótimo e almejado predicado para a produção de madeira serrada. Toras mais cilíndricas, com maior diâmetro, poucas rachaduras de topo e com baixa deformação residual longitudinal tendem a produzir um maior rendimento em madeira serrada no desdobro, em virtude do menor índice de defeitos nas peças. Todavia, é importante considerar que o maior diâmetro das toras acompanhado de maior proporção de lenho juvenil e madeira de tração, propriedades físico-mecânicas inferiores e maior ângulo da grã, provavelmente irão originar uma baixa na produção e na qualidade da madeira serrada do gênero *Khaya*.

Para a situação em estudo, não houve diferença significativa no deslocamento da medula (DM) entre as espécies (Tabela 1), apesar desta variável ser um pouco superior nas árvores de *K. ivorensis*. Isto significa que por estarem plantadas em um mesmo local, houve para ambas espécies um crescimento simétrico do diâmetro, motivado por uma baixa movimentação da copa, fatores ambientais, nível de competição, menores inclinações do fuste e pelos prováveis efeitos do desbaste e mortalidade de indivíduos.

Apenas para a madeira de *K. senegalensis* existiu uma correlação significativa, negativa e muito forte ($r = -0,99$; $P < 0,05$) entre o DM e a altura comercial, delineando um aumento da excentricidade da medula para árvores de menor altura. Esta relação indica que tábuas desdobradas de árvores pequenas em altura poderão apresentar uma maior distorção e maior índice de desclassificação por causa da presença de

medula excêntrica, que libera as tensões de crescimento de forma desequilibrada (ARMSTRONG et al., 2007).

Rachaduras de topo de tábuas secas: a madeira de *K. ivorensis* apresentou visivelmente o maior IRTS, comparada a madeira de *K. senegalensis*, apesar de não haver diferença significativa entre as médias (Tabela 1). Este resultado está diretamente interligado aos valores de DRL e IRTT, e a menor resistência mecânica e densidade da madeira de *K. ivorensis*.

Os maiores comprimentos de rachaduras de topo foram observados nas tábuas de *K. ivorensis* (59,33 mm), comparada a madeira de *K. senegalensis* (31,62 mm), o que evidencia que as tábuas tangenciais de maiores dimensões foram mais propensas a rachar, em virtude da baixa resistência à magnitude das tensões de crescimento, maior relação entre o comprimento da rachadura e a largura da tábua e maiores contrações no sentido da largura da peça. Destaca-se que 21,6% das tábuas de *K. senegalensis* e 6,9% das tábuas de *K. ivorensis* não apresentaram rachaduras.

O IRTS das duas espécies de mogno africano foi inferior aos índices observados em tábuas de híbridos de *Eucalyptus* (13 a 17 anos) e o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* (13 anos) nas pesquisas de Caixeta et al. (2002) e França (2014), respectivamente.

Observa-se uma associação do IRTT com o IRTS, pois na espécie com as maiores dimensões de rachaduras de topo das toras, também ocorreu os maiores comprimentos das rachaduras das tábuas. O efeito da magnitude das tensões consolidada como rachaduras de topo das toras, tem consequência mais direta nos defeitos da madeira serrada do que a DRL, uma vez que houve uma analogia da média desta última variável entre as espécies (Tabela 1).

Desta maneira, entre os métodos para avaliar os efeitos das tensões sobre a qualidade da madeira serrada, destacou-se a mensuração das rachaduras de topo de toras após o corte das árvores. Pois, o método de medição das deformações periféricas, não informa a magnitude e a distribuição radial das tensões longitudinais no interior do tronco (LIMA et al., 2004). Além disto, a seleção de árvores para serraria por meio das rachaduras de topo das toras pode produzir algum ganho concreto na prevenção deste mesmo defeito nas tábuas (LIMA; GARCIA; PIEDADE, 2002), mas, recomenda-se a conciliação com o conhecimento das propriedades intrínsecas e resistência mecânica do lenho, e processos de desdobro e secagem otimizados.

Empenamentos das tábuas secas: as tábuas de *K. ivorensis* apresentaram os menores índices de encurvamento e arqueamento (Tabela 1), atendendo ao limite estabelecido pela NBR 9487 (ABNT, 1986). Apenas para o arqueamento, as tábuas de *K. senegalensis* apresentaram valores menores a 0,5% em relação ao comprimento total da tábua, limite da norma referida.

A madeira de *K. senegalensis* possuiu as maiores flechas de encurvamento (diferença de 4,16 mm/m) e arqueamento (diferença de 0,78 mm/m) comparada a madeira de *K. ivorensis*. As médias das flechas desses empenamentos, foram na maioria dos casos, inferiores quantitativamente e superiores qualitativamente às médias observadas para tábuas de *K. senegalensis*, com 32 anos de idade, provenientes de plantios na Austrália (ARMSTRONG et al., 2007).

Assim, é possível prever um maior percentual de perdas em volume das tábuas de *K. senegalensis* na operação de aplainamento, visto que para eliminar o encurvamento haverá uma redução da espessura e para o arqueamento a redução ocorrerá na largura das tábuas. Destaca-se também que a manifestação do arqueamento está mais associada às tensões ainda presentes nas tábuas do que ao processo de secagem (MATOS et al., 2003).

Além das propriedades abordadas para cada espécie, os índices de rachaduras e empenamentos também podem ser atribuídos a inclinações e irregularidades da grã, variações do ângulo microfibrilar, dificuldade de secagem e presença de madeira de tração (SIMPSON, 1991; WALKER, 2006). A gravidade dos defeitos é determinada não apenas pela presença ou magnitude dos efeitos das variáveis citadas, mas sim pelos seus gradientes dentro da madeira, que são fisicamente e economicamente destrutivos (KEEY; LANGRISH; WALKER, 2000).

Durante o desdobro, ao retirar uma costaneira e a primeira tábua (bordaneira), o movimento (deflexão) do semibloco, pela adaptação à nova distribuição residual das tensões, é muitas vezes um indicador de que as tábuas posteriores serradas da tora, terão níveis relativamente altos de distorção, implicando na perda de uniformidade da espessura e empenamentos (GARCIA, 1995; ARMSTRONG et al., 2007).

Nota-se que as tábuas da espécie que rachou mais empenou menos (Tabela 1), o que está relacionado com a intensidade da deformação, dependente da rigidez da madeira. Nessa premissa, as forças de deformação que provocaram as rachaduras vão se transformando gradualmente, em forças que geram empenamentos (LIMA et al., 2006). Por isso, é necessário adotar critérios de

sobremedidas, considerando as dimensões nominais do produto final, pois as perdas com defeitos no desdobro e na secagem, decorrentes das tensões de crescimento, poderão influenciar a relação custo/benefício da produção.

Propriedades físicas da madeira: não houve correlações significativas das propriedades físicas da madeira com a DRL, com o IRTT e com o DM (Tabela 2) para as duas espécies, sendo a maioria das correlações negativas. A madeira de *K. ivorensis* apresentou os menores valores de DB e CV, 0,43 g.cm⁻³ e 9,3%, comparada com a madeira de *K. senegalensis*, 0,57 g.cm⁻³ e 11,86%, respectivamente.

Tabela 2. Coeficiente de correlação de Pearson entre a deformação residual longitudinal, o índice de rachaduras de topo de toras, o deslocamento da medula e as propriedades físicas da madeira de *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 19 anos de idade.

Table 2. Pearson's correlation coefficient between the longitudinal residual strain, the index end splits of logs, displacement of the pith and physical properties of the wood of 19-year-old *K. ivorensis* and *K. senegalensis*.

Espécie	Variáveis	*DRL	IRTT	DM
<i>K. ivorensis</i>	DB	-0,49 (0,51)	-0,47 (0,53)	-0,73 (0,27)
	CV	-0,85 (0,15)	-0,95 (0,053)	-0,10 (0,90)
<i>K. senegalensis</i>	DB	-0,70 (0,50)	-0,97 (0,16)	0,80 (0,41)
	CV	-0,32 (0,79)	0,65 (0,55)	-0,90 (0,29)

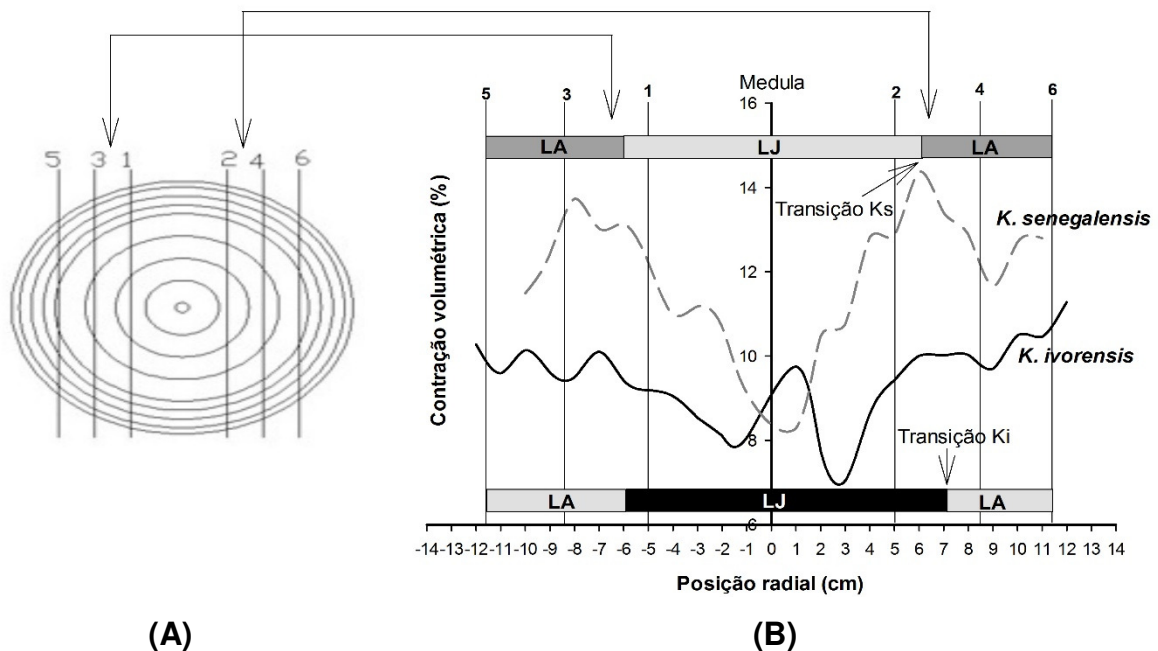
*DRL: Deformação residual longitudinal; IRTT: Índice de rachaduras de topo de toras; DM: Deslocamento de medula; DB: Densidade básica; CV: contração volumétrica.

Valores entre parênteses referem-se ao valor P.

Para a espécie *K. senegalensis* houve uma maior propensão de rachaduras de topo das toras com a diminuição da densidade e o aumento da contração volumétrica da madeira (Tabela 2). Como o percebido para as toras, o aumento da CV é uma das variáveis que contribuiu no incremento dos índices de defeitos das tábuas. Analisando o modelo de corte adotado no desdobro das toras e a variação radial da CV na madeira de mogno africano, esta informação fica mais visível (Figura 3).

Ponderando que o modelo de corte das toras [Figura 3 (A)] produziu um pranchão central (8 cm) e quatro tábuas tangenciais (2,5 cm), e que a espessura do fio de corte foi cerca de 0,9 cm, as tábuas das duas espécies de mogno africano foram desdobradas em regiões de transição de lenho juvenil para adulto e com picos de variação de contração volumétrica [Figura 3 (B)]. Destacando a espécie *K. senegalensis*, as tábuas desdobradas próximas ao pranchão central, tinham a

presença do lenho juvenil e adulto (com divergências significativas das propriedades anatômicas e físicas) e altos valores de CV ao longo da sua espessura [Figura 3 (B)]. Essas variáveis podem ter contribuído em magnitude para as maiores distorções nas tábuas desta espécie, analisadas na forma de encurvamento e arqueamento.



(A) **(B)**
 Figura 3. Relação do modelo de corte (A) com a variação média da contração volumétrica (B) da *K. ivorensis* (Ki) e *K. senegalensis* (Ks) aos 19 anos de idade. **Obs.:** as barras coloridas demarcam as zonas dos lenhos juvenil (LJ) e adulto (LA) no sentido radial para cada espécie.

Figure 3. Relationship the sawing diagram (A) with the average variation volumetric shrinkage (B) of 19-year-old *K. ivorensis* (Ki) and *K. senegalensis* (Ks). **Obs.:** the colored bars demarcate the zones of the juvenile (LJ) and mature wood (LA) in the radial direction for each species.

Como desafio atual e futuro, há a necessidade da realização de programas de melhoramento genético e da adoção de novas técnicas de silvicultura e manejo das florestas plantadas de mogno africano, vinculados a investigação dos seus efeitos na forma e volume do fuste, nas tensões de crescimento e nos defeitos das toras e da madeira serrada; e pesquisas relacionadas a qualidade, propriedades tecnológicas e beneficiamento da madeira das espécies de mogno africano plantadas em diferentes localidades do país.

4. CONCLUSÃO

Os níveis de deformação residual longitudinal, rachaduras de topo de toras e tábuas e deslocamento de medula foram semelhantes entre as espécies de *K. ivorensis* e *K. senegalensis*.

A deformação residual longitudinal não teve relação com o diâmetro na altura do peito das árvores. Todavia, foram observadas relações positivas, apesar de não significativas, de incremento do índice de rachaduras de topo das toras com o aumento da deformação residual longitudinal.

As tábuas de *K. senegalensis* tiveram os maiores índices de empenamentos. Contudo, as maiores dimensões de rachaduras de topo foram observadas nas toras e tábuas de *K. ivorensis*.

Os índices das variáveis avaliadas não são elevados ao ponto de inviabilizar o uso e a qualidade das duas espécies de mogno africano para a produção de madeira serrada. Porém, é importante ponderar a forma e dimensões das árvores, os defeitos da madeira serrada na região de lenho juvenil, e a relação da deformação residual longitudinal com as rachaduras de topo das toras.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira e ao PPG em Ciências Florestais da UFES, a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo – FAPES, a empresa VALE pela bolsa-auxílio, a Reserva Natural Vale pelo material e condições de pesquisa, ao Técnico Florestal Jonacir Souza e ao Engenheiro Florestal Gilberto Terra.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMSTRONG, M.; REILLY, D. F.; LELIEVRE, T.; HOPEWELL, G.; REDMAN, A.; FRANCIS, L.; ROBERTSON, R. M. **African Mahogany grown in Australia** - Wood quality and potential uses. Barton: Rural Industries Research and Development Corporation - RIRDC, 2007. 94 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9487**: Classificação da madeira serrada de folhosas. Rio de Janeiro, 1986. 32 p.

BELTRAME, R.; MATTOS, B. D.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; GATTO, D. A.; CADEMARTORI, P. H. G.; PEDRAZI, C. Evaluation of longitudinal residual strain of *Eucalyptus saligna* Smith. Wood. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 95-101, 2013.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformation. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v. 26, n. 2, p. 211-243, 1964.

CAIXETA, R. P.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S. Classificação de *Eucalyptus* relacionados com a qualidade da madeira após a secagem natural. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 61, p. 49-58, 2002.

CARVALHO, A. M.; GONÇALVES, M. P. M.; AMPARADO, K. F.; LATORRACA, J. V. F.; GARCIA, R. A. Correlações da altura e diâmetro com tensões de crescimento em árvores de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 323-331, 2010.

FRANÇA, F. J. N. **Propriedades da madeira de eucalipto para a produção de madeira serrada**. 2014. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2014.

GARCIA, J. N. Técnicas de desdobro de eucalipto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1995, p. 59-67.

KEEY, R. B.; LANGRISH, T. A. G.; WALKER, J. C. F. **Kiln-drying of lumber**. Berlim: Springer-Verlag, 2000. 326 p.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; PIEDADE, S. M. S. Rachaduras de extremidades de tora e suas implicações nas rachaduras da madeira serrada. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 61, p. 13-24, 2002.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; STAPE, J. L. Influência do Desbaste e da Fertilização no Deslocamento da Medula e Rachaduras de Extremidade de Tora de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 170-177, 2007.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; STAPE, J. L.; PIEDADE, S. M. S. Efeito do desbaste e da fertilização nas tensões de crescimento em *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 70, p. 171-183, 2006.

LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; CRUZ, C. R. Deformações Residuais Longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 107-116, 2004.

MATOS, J. L. M.; IWAKIRI, S.; ROCHA, M. P.; PAIM, R. M.; ANDRADE, L. O. Redução do efeito das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus dunnii*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p.128-135, 2003.

SCHAITZA, E. G.; MATTOS, P. P. PEREIRA, J. C. D. **Metodologias simples e baratas para análise de Imagens planas**. Colombo: EMBRAPA, 2003. (Comunicado técnico)

SIMPSON, W. T. **Dry Operator's Manual**. Madison, WI: Forest Products Laboratory, 1991, 274 p.

TREVISAN, R.; DENARDI, L.; CARDOSO, G. V.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Variação axial do índice de rachaduras na base e no topo de toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 75-81, 2013.

WALKER, J. C. F. **Primary Wood Processing: Principles and Practice**. 2 ed. Springer, 2006, 595 p.

2. CONCLUSÃO GERAL

A transição entre os lenhos juvenil e adulto ocorreu de forma diferente entre as propriedades avaliadas e para as duas espécies de mogno africano, sendo pequena a porção do fuste composta por lenho adulto. O comprimento das fibras e a frequência de vasos foram as variáveis mais adequadas para a delimitação dos lenhos, sendo possível perceber uma diferença mais acentuada da quantidade de vasos por área do lenho juvenil para o lenho adulto.

Com exceção da contração volumétrica, a maioria das propriedades do lenho juvenil foram inferiores qualitativamente ao lenho adulto no mogno africano, uma vez que, o primeiro lenho se caracteriza por fibras curtas de parede finas, maior quantidade e diâmetro menor dos vasos, menor densidade, maior estabilidade volumétrica e maior ângulo das microfibrilas.

No lenho juvenil da *Khaya ivorensis* e *K. senegalensis*, a morfologia das fibras foi diretamente relacionada com a densidade básica, contração volumétrica, ângulo das microfibrilas e frequência de vasos.

Os níveis de deformação residual longitudinal, de rachaduras de topo de toras e tábuas, e de deslocamento da medula não foram divergentes entre as espécies e não são elevados a ponto de inviabilizar a qualidade da madeira serrada. Todavia, houve um efeito da deformação residual longitudinal sobre as rachaduras de topo de toras, norteadas por maiores dimensões das rachaduras mediante as elevadas deformações, principalmente na região do lenho juvenil.

A madeira serrada de *K. senegalensis* empenou mais e as maiores dimensões de rachaduras foram mais visíveis na madeira serrada de *K. ivorensis*.

Para a maioria das propriedades e características tecnológicas avaliadas não houve distinção entre as espécies de mogno africano. Todavia, a madeira de *K. ivorensis* tem fibras menos espessas, é menos densa, contrai menos em volume e empena menos quando comparada a *K. senegalensis*.

É recomendável que a colheita do mogno africano seja realizada em idades superiores a 20 anos, para que haja uma maior proporção no fuste de lenho de maior qualidade e valor, propriedades mais estáveis e uma redução dos efeitos das deformações residuais longitudinais e rachaduras de topo, decorrentes das tensões de crescimento. Entretanto, pesquisas são necessárias para o conhecimento e melhor utilização da madeira de mogno africano plantada no Brasil.