



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

TÂMARA SUELY FILGUEIRA AMORIM FRANÇA

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS MADEIRAS DE DUAS ESPÉCIES
DE MOGNO AFRICANO (*Khaya ivorensis* A. Chev. E *Khaya senegalensis*
(Desr.) A. Juss.)**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2014

TÂMARA SUELY FILGUEIRA AMORIM FRANÇA

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS MADEIRAS DE DUAS ESPÉCIES
DE MOGNO AFRICANO (*Khaya ivorensis* A. Chev. E *Khaya senegalensis*
(Desr.) A. Juss.)**

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: Prof^a. Dr^a. Marina Donária Chaves Arantes
Coorientador: Prof. Dr. Juarez Benigno Paes
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Graziela Baptista Vidaurre

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2014

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS MADEIRAS DE DUAS ESPÉCIES
DE MOGNO AFRICANO (*Khaya ivorensis* A. Chev. E *Khaya senegalensis*
(Desr.) A. Juss.)**

TÂMARA SUELY FILGUEIRA AMORIM FRANÇA

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 20 de fevereiro de 2014.

Prof^a. Dr^a. Marina Donária Chaves
Arantes
Orientadora
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Juarez Benigno Paes
Coorientador
Universidade Federal do Espírito

Prof. Dr. Edy Eime Pereira Baraúna
Membro externo
Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira
Membro interno
Universidade Federal do Espírito Santo

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois para Ele toda honra, todo louvor e toda glória. Ebenézer, até nos ajudou o SENHOR.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais – PPGCF da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, por todo apoio necessário para a conclusão deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão de bolsa de estudo.

À Empresa Vale, pela concessão de bolsa de estudo e doação do material estudado, tornando possível o desenvolvimento deste trabalho.

À FAPES por ter concedido a bolsa para a realização do estágio técnico científico do Forest Product Laboratory.

Aos meus pais Norma Suely Filgueira e Antônio Ferreira Amorim pelo carinho, amor, dedicação, amizade e compreensão.

Aos meus irmãos Tânia e Anderson por sempre estarem ao meu lado.

Aos meus avós Geraldo Gonçalves Filgueira (*in memoriam*) e Maria Celeste Filgueira por não medirem esforços para me ajudar e me apoiar no que fosse preciso, vocês foram e continuarão sendo muito importantes na minha caminhada.

Ao meu marido Frederico José Nistal França, pelo amor, carinho e dedicação em todos os momentos vividos.

À família Cardoso por ter me acolhido e me ajudado em todos os momentos que precisei. Vocês sempre estarão guardados em meu coração.

À minha orientadora Prof. Marina Donária Chaves Arantes por sempre estar disponível em me ajudar.

Aos Professores Graziela Baptista Vidaurre Dambroz e Juarez Benigno Paes pelos conselhos e disponibilidade ao longo da pesquisa.

Aos Técnicos de Laboratório Gilson Barbosa, José Geraldo Lima, Elecy Palácio e Gilberto Alves que colaboraram para a realização do trabalho.

Aos Professores José Tarcísio da Silva Oliveira e Edy Eime Pereira Baráúna, por aceitarem participar da Banca Examinadora da Dissertação.

A todos os colegas e amigos que me ajudaram ao longo desta caminhada.

BIOGRAFIA

Tâmara Suely Filgueira Amorim França, filha de Norma Suely Filgueira e Antônio Ferreira Amorim, nasceu em Marabá, estado do Pará, em 13 de dezembro de 1990.

Possui graduação em Tecnologia Agroindustrial com ênfase em Madeira pela Universidade do Estado do Pará e em Administração de Empresas pela Faculdade Metropolitana de Marabá. É especialista em Gestão de Negócios pela Rede de Ensino LFG.

Em março de 2012 iniciou o Curso de Mestrado em Ciências Florestais na Universidade Federal do Espírito Santo. Realizou estágio técnico científico no Forest Product Laboratory, localizado em Madison, EUA, com duração de cinco meses, onde foi adquirido conhecimentos na área de avaliação da madeira por meio de métodos não destrutivos. Após o retorno ao Brasil, finalizou sua pesquisa, concluindo o mestrado em fevereiro de 2014.

RESUMO

FRANÇA, Tâmara Suely Filgueira Amorim. **Caracterização tecnológica das madeiras de duas espécies de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev. e *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss.)**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marina Donária Chaves Arantes. Coorientadores: Prof. Dr. Juarez Benigno Paes e Prof^a. Dr^a. Graziela Baptista Vidaurre.

O objetivo deste trabalho foi determinar as propriedades tecnológicas da madeira de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* (mogno africano) de árvores com 19 anos de idade, proveniente da Reserva Natural Vale, Espírito Santo. A caracterização das madeiras de mogno africano foi realizada mediante a descrição anatômica, determinação das propriedades físicas e mecânicas, análise do teor de extrativos, avaliação da resistência natural da madeira na direção medula-casca, a organismos xilófagos (fungos de podridão branca, parda, mole, cupins de madeira seca e cupins de solo) em condições de laboratório. Para a descrição anatômica, houve diferença entre as espécies. A madeira de *Khaya ivorensis* foi classificada como uma madeira de baixa massa específica, enquanto a madeira de *Khaya senegalensis* foi classificada de madeira média massa específica. Ambas as espécies possuem estabilidade dimensional média. A madeira de *Khaya senegalensis* foi mais resistente mecanicamente em todos os ensaios realizados. A madeira de *Khaya senegalensis* obteve maiores valores médios de teor de extrativos nas três solubilidades analisadas. A madeira de *Khaya ivorensis* foi mais resistente ao ataque do fungo de podridão branca e a *Khaya senegalensis* foi mais resistente ao ataque dos fungos de podridão parda e mole e a cupins de madeira seca e de solo.

Palavras-chave: Mogno africano. Anatomia. Propriedades mecânicas. Biodeterioração.

ABSTRACT

FRANÇA, Tâmara Suely Filgueira Amorim. **Technological characterization of African mahogany (*Khaya ivorensis* and *Khaya senegalensis*)**. 2014. Dissertation (Master's degree on Forest Science) – Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, Es. Adviser: Prof^a. Dr^a. Marina Donária Chaves Arantes. Co advisers: Prof. Dr. Juarez Benigno Paes and Prof^a. Dr^a. Graziela Baptista Vidaurre.

The objective of this study was to determine the technological properties of the wood of *Khaya ivorensis* and *Khaya senegalensis* (African mahogany) in trees with 19 years old, from the Vale Nature Reserve, Espírito Santo. The characterization of African mahogany woods was by anatomic description, determination of physical and mechanical properties, analysis of extractives, evaluation of natural resistance of, wood decay organisms (white rot fungi, brown and soft and dry wood termites and subterranean termite) under laboratory conditions, studying the behavior of the accession of wood. On the anatomical description, there were differences between species. The timber of *Khaya ivorensis* was classified as a low density wood, and the wood of *Khaya senegalensis* was classified as medium density wood. Both species with medium dimensional stability. The timber of *Khaya senegalensis* was mechanically more resistant in all the tests. The wood of *Khaya ivorensis* was more resistance to attack by white rot fungi and wood of *Khaya senegalensis* was more resistant to fungal attack of brown and soft rot and dry wood termites and subterranean termite. Both species of African mahogany not obtained satisfactory results in the tests for accession.

Key words: African mahogany. Anatomy. Mechanical properties. Biodeterioration. Adhesive.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	10
1.1 OBJETIVO GERAL.....	11
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 O GÊNERO <i>Khaya</i>	12
2.2. QUALIDADE DA MADEIRA.....	15
2.3. ANATOMIA DA MADEIRA.....	16
2.4 PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA.....	18
2.5 PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA.....	20
2.6 BIODEGRADAÇÃO DA MADEIRA.....	23
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

CAPÍTULO I – ANATOMIA DAS MADEIRAS DE DUAS ESPÉCIES DE *Khaya ivorensis* E *Khaya senegalensis*

RESUMO	34
ABSTRACT	35
1 INTRODUÇÃO	36
2 MATERIAL E MÉTODOS	39
2.1 DESCRIÇÃO DO MATERIAL.....	39
2.2 CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA	39
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
3.1 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DA MADEIRA.....	41
3.2 CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DAS MADEIRAS.....	42
4 CONCLUSÕES	48
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICAS DA MADEIRA DE DUAS ESPÉCIES DE MOGNO AFRICANO

RESUMO	52
ABSTRACT	53
1 INTRODUÇÃO	54
2 MATERIAL E MÉTODOS	56
2.1 DESCRIÇÃO DO MATERIAL.....	56
2.2 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA.....	57
2.3 DETERMINAÇÃO DA RETRATIBILIDADE	58
2.4 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS.....	58
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
3.1 MASSA ESPECÍFICA BÁSICA.....	60
3.2 RETRATIBILIDADE DAS MADEIRAS.....	62
3.3 PROPRIEDADES MECÂNICAS DAS MADEIRAS.....	64
4 CONCLUSÕES	67
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

**CAPÍTULO III – DURABILIDADE NATURAL DAS MADEIRAS DE MOGNO
AFRICANO (*Khaya ivorensis* E *Khaya senegalensis*)**

RESUMO	72
ABSTRACT	73
1 INTRODUÇÃO	74
2 MATERIAL E MÉTODOS	76
2.1 DESCRIÇÃO DO MATERIAL.....	76
2.2 TEOR DE EXTRATIVOS.....	77
2.3 DURABILIDADE NATURAL DA MADEIRA.....	77
2.3.1 Ensaio de apodrecimento em laboratório	77
2.3.2 Resistência Natural da Madeira a Fungos de Podridão-Mole	79
2.3.3 Ensaio com Cupins de Madeira Seca	79
2.3.4 Ensaio de Cupins Subterrâneos	80
2.3.4.1 Ensaio de Alimentação Forçada.....	80
2.3.4.2. Ensaio de Preferência Alimentar.....	81
2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	83
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
3.1 ANÁLISE DO TEOR DE EXTRATIVOS.....	84
3.2 ENSAIO DE APODRECIMENTO EM LABORATÓRIO.....	85
3.2. ENSAIO DE PODRIDÃO MOLE.....	89
3.3. ENSAIO DE CUPIM DE MADEIRA SECA.....	90
3.4. ENSAIO COM CUPINS SBTERRÂNEOS.....	96
4 CONCLUSÕES	96
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
4 CONCLUSÃO GERAL	100

1 INTRODUÇÃO GERAL

O reflorestamento no Brasil teve início com o plantio de *Eucalyptus* com intuito de fornecer madeira para dormentes para a estrada de ferro, em 1903, na década de 1960 foi introduzido o Pinus no sul do país com o surgimento de incentivos fiscais no país. Essas espécies foram utilizadas como alternativa para suprir a demanda de madeira, pois os recursos naturais da Mata Atlântica vinham sendo explorados de forma não sustentável (MARTINI, 2010).

De acordo com os dados da Associação Brasileira de Florestas Plantadas – ABRAF (2013), no Brasil além de existir plantios comerciais de eucalipto e pinus, ocorrem também plantios florestais de espécies não convencionais, como acácia negra, a seringueira, a teca, o paricá (*Schizolobium amazonicum*), a araucária (*Araucaria angustifolia*), e o mogno africano (*Khaya* spp.), que vem se tornando uma nova opção para reflorestamento com fim comercial.

Em 1976, foram plantados cinco exemplares de *Khaya ivorensis* na sede da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Amazônica Oriental, em Belém, Pará. Destes exemplares saíram às sementes que deram origem aos primeiros plantios em território nacional no Pará, Goiás e Minas Gerais (FALESÍ; BAENA, 1999). Os plantios destas espécies ainda não alcançaram idade de corte e escala de produção, o que tem impossibilitado sua comercialização no país.

O interesse comercial pelo mogno africano ocorreu em função de que nas regiões onde o mogno nativo brasileiro ocorria, sua concentração foi reduzida consideravelmente. Características como; cor, desenho da grã e propriedades físicas e mecânicas do mogno africano faz com que este possa ser utilizado, pois consegue satisfazer às necessidades do mercado de madeiras para produtos sólidos, que por sua vez é exigente e emprega madeiras que estejam dentro dos padrões de qualidade, levando em consideração à estética, durabilidade natural e resistência mecânica, isto motivaram o plantio de espécies de mogno africano no Brasil (PINHEIRO; PINHEIRO; BRUNETTA, 2011).

A qualidade final de um produto é um fator importante para que este seja aceito no mercado, sendo necessário o conhecimento das propriedades tecnológicas da madeira de mogno africano introduzidas no Brasil e conseqüentemente obter um melhor aproveitamento de um produto final que satisfaça o mercado consumidor.

1.1. OBJETIVO GERAL

Realizar a caracterização tecnológica das madeiras de duas espécies de mogno africano (*Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*).

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever a estrutura anatômica das madeiras estudadas;
- Avaliar as propriedades físicas, mecânicas e teor extrativos da madeira de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*; e
- Avaliar a resistência natural das madeiras a organismos xilófagos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com os dados da ABRAF (2013) as florestas plantadas nacionais, estão distribuídas estrategicamente, em sua maioria, nos Estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo. Tais florestas visam à garantia do suprimento de matéria prima para as indústrias de papel e celulose, siderurgia a carvão vegetal, lenha, serrados, compensados e lâminas e painéis reconstituídos. Em 2012 a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* totalizou 6.664.812 ha, sendo 70,8% de eucalipto e 22,0% de *Pinus*. Existem plantios de outras espécies, sendo às de maior expressão a araucária, acácia negra, seringueira, paricá e teca, representando 7,2% dos plantios florestais no país.

Além dos plantios de eucalipto e pinus, o Brasil tem investido em outras espécies nativas ou exóticas que se adaptaram em solos brasileiros para a produção de madeira sólida, como a teca, o cedro australiano, o cinamomo e recentemente, o mogno africano.

O mogno africano foi introduzido no Brasil para ser produzido em cultivos silviculturais e substituir o mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla*) por ser resistente à broca-do-ponteiro (*Hypsipyla grandella*), principal praga do mogno brasileiro. A proibição legal da exploração e comercialização da madeira de mogno brasileiro no ano de 2000 tem gerado demanda por produtos alternativos, sendo o mogno africano uma alternativa promissora (GASPAROTTO et al., 2001; COUTO et al., 2004).

2.1 O GÊNERO *Khaya*

O gênero *Khaya* A. Juss. ocorre na África e Madagascar, sendo a mais importante fonte de mogno africano. Além do gênero *Khaya* outros gêneros também são conhecidos como "mogno", provenientes da África, Austrália e Sudeste Asiático, sendo estes o *Swietenia*, *Entandrophragma* e *Pseudocedrela* (TAYLOR et al., 1971).

As espécies do gênero *Khaya* são de difícil taxonomia principalmente aquelas encontradas no leste da África e Congo, em função da grande similaridade entre as espécies. Apenas seis espécies são oficialmente reconhecidas; *Khaya anthotheca*, *Khaya grandifoliola*, *Khaya ivorensis*, *Khaya madagascariensis*, *Khaya nyasica* e *Khaya senegalensis* (GUIMARÃES et al., 2004).

As árvores do gênero *Khaya* são conhecidas comercialmente por diferentes nomes; acajou d'áfrica, na França e Bélgica; na Inglaterra e Estados Unidos como african mahogany; na Alemanha denomina-se *Khaya mahogoni*; na Holanda como afrikaans mahobanie e mogno africano pelos portugueses (FALESI; BAENA, 1999; RECHE et al., 2008).

O mogno africano suporta bem as condições de estiagem, de quatro a seis meses por ano, período pelo qual a planta estagna seu crescimento. Havendo irrigação suplementar, a espécie emite novas brotações mesmo nos meses mais frios do ano. A partir dos sete e oito anos de idade, período que corresponde ao início da frutificação, a planta possui rápidos incrementos em diâmetro e abertura da copa (TEIXEIRA, 2011).

A madeira de mogno africano é altamente valorizada por causa do desenho da grã e sua cor avermelhada a marrom, por possuir bom acabamento sendo uma madeira empregada para produção de móveis de qualidade, pisos, construção naval, laminados decorativos, e também para a fabricação de utensílios domésticos (ARNOLD, 2004).

O mogno africano vem despertando o interesse de pequenos produtores na Amazônia, por possuir madeira de boa qualidade e crescimento rápido e o mercado internacional tem grande aceitação pela madeira de mognos africanos (BARROS et al., 2009).

Carvalho, Silva e Latorraca (2010) caracterizaram as propriedades físicas da madeira de *Khaya ivorensis* por meio de ensaios de massa específica e contração volumétrica e avaliaram o processo de usinagem, com testes de plaina, lixa, furação para cavilha, furação para dobradiça, e fendilhamento. Concluíram que a madeira possui densidade considerada média e os resultados de usinagem foram bons tendo sido observada avaliação regular apenas para a furação para cavilha. Sendo assim, a madeira de mogno

africano possui bom comportamento para ser utilizada na indústria moveleira ou para fins de acabamento interno em construção civil.

De acordo com Santos (2006), as espécies mais plantadas em área de bacia no Estado do Pará, seja para fins comerciais para geração de renda ou para fins ambientais, servindo de alternativa para recuperação de áreas degradadas, dado principalmente pelas condições ambientais encontradas na região, são o paricá (*Schizolobium amazonicum*), o mogno africano (*Khaya* sp.) e a teca (*Tectona grandis*).

De acordo com Bokkestijn e Francis (2000) a madeira de *Khaya ivorensis* possui alburno castanho claro e cerne de coloração rosada. Sua massa específica varia de 0,60 a 0,85 g.cm⁻³. O alburno é moderadamente resistente e o cerne, extremamente resistente ao tratamento com substâncias imunizantes. É uma madeira de secagem fácil e com média resistência natural.

Orwa et al. (2009) afirmaram que a madeira *Khaya ivorensis* possui preço elevado no mercado e, além de ser uma madeira de alta qualidade para produção de móveis e acabamento interior, podendo ser utilizada para a construção de barcos e navios. O gosto amargo da casca é muito valorizado na medicina tradicional, utilizada para combater tosse, coqueluche e para tratar diarreia e dores nas costas.

A madeira de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* possui cerne marrom rosado, madeira levemente pesada, com massa específica variando entre 0,62 a 0,81g.m⁻³ a 12% de umidade. O cerne é moderadamente resistente ao ataque de cupins e moderadamente suscetível ao ataque de fungos e o alburno é suscetível ao ataque *Lyctus*. O alburno é moderadamente resistente à impregnação (NIKIEMA; PASTERNAK, 2008).

Conde (2006) afirmou que o comércio do mogno africano é extraordinário, em função de suas características tecnológicas e a beleza de sua madeira. O mercado europeu é o principal consumidor desta madeira.

De acordo com os dados do International Tropical Timber Organization – ITTO (2011), o mercado madeireiro continua crescente, onde o setor possui maiores taxas de crescimento entre as indústrias de manufatura dos Estados Unidos, em função da melhoria que o mercado imobiliário tem registrado e com a diminuição do desemprego, o número de novas famílias aumenta significativamente, e ocorre o aumento da demanda por móveis. O preço de

exportação da madeira de mogno africano oriunda de Ghana foi de 975 US\$.m⁻³. O estudo constatou também que as principais exportações de Ghana para o mercado dos Estados Unidos foram de produtos agrícolas, produtos florestais, têxteis e vestuário, entre esses produtos destaca-se o mogno africano utilizado para produção de laminados.

Dias, Umetsu e Breier (2012) constataram que a madeira de mogno africano possui grande potencial econômico, no entanto há carência de conhecimento tecnológico e científico da madeira.

2.2. QUALIDADE DA MADEIRA

A madeira é o resultado de um processo biológico, crescendo sobre preceitos genéticos e influências ambientais. Entendendo melhor, os detalhes e as interações dentro desse processo, os produtores florestais podem prever os efeitos de suas intervenções nos produtos que, futuramente, serão fabricados a partir de suas árvores. Igualmente, o conhecimento deste processo, por parte da indústria manufatureira, auxilia a compreensão de como várias características da madeira se formam (LAZARETTI, 2007).

Para empregar a madeira em larga escala no mercado, é necessário avaliar suas características, seu comportamento em serviço, bem como propor sua adequada utilização. Isto pode significar um diferencial no mercado madeireiro, tanto para agregar valor ao produto como para garantir qualidade ao consumidor (PADILHA et al., 2006).

De acordo com os dados da Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente – ABIMCI (2003), para fabricar produtos de madeira de alta qualidade é importante não apenas saber selecionar, preparar e usar a madeira. É necessário conhecer e entender as suas propriedades e características, de forma a extrair do material suas melhores propriedades.

De acordo com Carlquist (1977), os fatores ambientais, como solo, precipitação e ventos, juntamente com as tendências hereditárias e influências fisiológicas e mecânicas, afetam a estrutura da madeira e, conseqüentemente,

sua massa específica. A estrutura da madeira é caracterizada pela soma proporcional de diferentes tipos celulares, como as fibras, traqueídeos, vasos, canais resiníferos, raios e por suas dimensões, especialmente a espessura das paredes celulares.

A qualidade da madeira é um fator de extrema importância para a indústria madeireira, pois este fator interfere no rendimento, custo e qualidade dos produtos. Características como a massa específica básica, poder calorífico, constituição química e umidade estão entre os principais critérios de seleção da madeira (OLIVEIRA et al., 2010).

Considerando que a madeira é um produto versátil, sua qualidade irá depender do seu emprego, sendo assim ela deve possuir certas qualidades que atendam às características relacionadas ao seu uso final (BARCELLOS et al., 2005).

2.3. ANATOMIA DA MADEIRA

A madeira é um recurso utilizado, por possuir características que possibilitam seu uso para diversos fins. Para que este recurso seja utilizado de maneira eficiente, é preciso conhecer sua estrutura anatômica.

A madeira é um conjunto heterogêneo que possui diferentes células com propriedades específicas, as quais desempenham funções como condução de líquidos, armazenamento e transporte de substâncias nutritivas e sustentação do vegetal (BURGER; RICHTER, 1991).

A importância do estudo da anatomia pode ser aplicada no emprego tecnológico da madeira, na distinção de amostras semelhantes, no conhecimento de sua estrutura em vistas de um emprego correto, na predição de utilizações adequadas de acordo com as suas características anatômicas, na previsão e compreensão do seu comportamento quanto a possíveis usos, mas também em nível de identificação das espécies, servindo de subsídio à taxonomia vegetal (GONÇALVES, 2006).

A anatomia da madeira permite uma correta caracterização do material, fornecendo informações do crescimento da planta e identificação das

propriedades físicas e mecânicas, além de ser essencial para identificação das espécies (SHMULSKY; JONES, 2011).

A adequada identificação das espécies florestais depende de procedimentos de identificação, seja em árvores, toras ou madeira serrada. Sendo assim, a anatomia da madeira é útil para o mercado de madeira para produtos sólidos (ZENID, 2008). A identificação da madeira pode ser realizada com base nas propriedades organolépticas, como cor, odor, gosto, grã, textura e desenho. Estas propriedades estão diretamente ligadas ao seu valor decorativo e ornamental (BURGER; RICHTER, 1991).

Existem dois principais grupos de plantas que produzem madeira, as coníferas e as folhosas. *Pinus taeda* e *Pinus caribaea* são exemplos de espécies do grupo de coníferas e *Gmelina arborea* e *Tabebuia serratifolia* são exemplos de espécies que pertencem ao grupo das folhosas. O sistema celular que compõem o xilema secundário das folhosas é bem mais complexo, sendo formado por vasos, raios, parênquima axial ou longitudinal e fibras (WIEDENHOEFT, 2010).

Segundo Silva (2008), os vasos ou elementos vasculares são um conjunto de células sobrepostas no sentido longitudinal, cuja função é a condução de líquidos ou seiva bruta na árvore. Os raios em faixas ou fileiras radiais possuem função de armazenamento, translocação e condução da seiva elaborada. O parênquima longitudinal é constituído de células orientadas no sentido do eixo principal do caule, desempenha função de armazenamento de substâncias nutritivas para a planta. As fibras são células que não desempenham função vascular ou parenquimática, estão presente no xilema e no floema, sendo responsáveis pela resistência, rigidez ou flexibilidade da madeira.

As propriedades físicas da madeira, como a permeabilidade; o comportamento quanto à capilaridade; a condutividade térmica e a difusão da água de impregnação são influenciadas pela estrutura anatômica do lenho. Essas diferenças são resultados direto da estrutura da parede celular, da orientação celular, do tipo de células, sua distribuição, disposição e as relativas proporções celulares que a madeira possui (COSTA, 2001).

As propriedades anatômicas influenciam diretamente em outras propriedades da madeira, como a massa específica, por isto a compreensão de

tais propriedades é de fundamental importância para a utilização deste material, uma vez que a variação da massa específica da madeira ou a sua resistência esta diretamente relacionada às propriedades anatômicas (ZOBEL; VAN BUIJTENEN, 1989). Características como número de células e as dimensões das fibras são muito importantes para a resistência mecânica (PANSIN; DE ZEEUW 1980; KOLLMANN; CÔTÉ JUNIOR, 1968).

2.4 PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA

As propriedades físicas da madeira são umidade, retratibilidade, massa específica, permeabilidade, propriedades térmicas, elétricas e acústicas. Tais propriedades são importantes, pois podem influenciar significativamente no comportamento da madeira (WINANDY, 1994).

A massa específica ou densidade é uma das propriedades físicas mais importantes da madeira, pois influencia diretamente outras propriedades físicas e tecnológicas, servindo como referência para a classificação da madeira. Em geral, madeiras mais pesadas são mais resistentes, elásticas e duras que as leves. No entanto, possuem desvantagens em relação à trabalhabilidade e também possuem maior variabilidade dimensional (KOLLMAN; COTÊ, 1968).

A massa específica da madeira é a quantidade de substância madeira presente num dado volume de material. Não é uma característica única, sendo influenciada por diversas características da madeira. Assim, a mesma pode variar em decorrência das mudanças no tamanho, distribuição e frequência dos vasos, dimensões das fibras, ou seja, espessura da parede celular e diâmetro de lume, a proporção de lenho inicial e tardio, a quantidade de células de raio e parênquima axial, presença ou não de lenho de reação (DOWNES et al., 1997).

As características da madeira, por sua vez, também são influenciadas por fatores ambientais e genéticos. Assim, as mudanças no clima, taxa de crescimento, solo, tratamentos de fertilidade e silvicultural, como desbastes e podas, podem influenciar a massa específica da madeira. Além disso, a massa específica da madeira é uma importante característica que está correlacionada com diferentes propriedades mecânica e características anatômicas da

madeira, e que potencialmente determina a utilização final da madeira (ZOBEL; VAN BUIJTENEN, 1989; SIRVIÖ, KÄRENLAPE, 1999; YASUE et al., 2000; LENZ et al., 2011).

A massa específica afeta a qualidade dos produtos sólidos em função de sua estreita correlação com as propriedades de resistência deste material. As propriedades mecânicas, como o módulo de elasticidade (MOE), módulo de ruptura (MOR), compressão paralela e perpendicular à grã, aumentam à medida que a massa específica da madeira é incrementada (HAYGREEN; BOWYER, 1996).

A madeira é um material higroscópico, ou seja, pode retirar ou perder água para o ambiente (KOLLMANN; COTÉ, 1968). Segundo Silva e Oliveira (2003), os principais problemas encontrados em relação à mudança de umidade são a contração e o inchamento higroscópico da madeira. Sua variação dimensional não depende somente da umidade, sofre influência ainda da direção estrutural, ou seja, radial, tangencial ou longitudinal, posição dentro da árvore e massa específica da madeira.

A madeira possui estabilidade dimensional acima do ponto de saturação das fibras – PSF. Abaixo deste ponto a madeira possui alterações nas dimensões pelo ganho (inchamento) ou perda de umidade (contração). Isto ocorre em relação à quantidade de água existente na parede celular. Tanto a contração como o inchamento podem causar deformações na madeira, causando perda de qualidade do produto final. Portanto, é importante a compreensão da estabilidade dimensional, pois esta varia em decorrência da umidade em que a madeira está submetida (GLASS; ZELINKA, 2010).

Segundo Rezende et al. (1998), o estudo do comportamento das variações dimensionais é essencial para a utilização industrial da madeira e as relações existentes entre massa específica e umidade são de fundamental importância para um aproveitamento mais eficiente dessa matéria prima.

A madeira de mogno africano é considerada de média estabilidade dimensional e esta característica é imprescindível para madeiras que são utilizadas para produção de móveis, pois influencia diretamente na qualidade do produto final (ONA et al., 2001; ZBONAK et al., 2010).

É importante o entendimento da amplitude das variações das propriedades da madeira encontradas entre e dentro dos diferentes gêneros e

espécies. Essas variações são causadas, além do material genético, pelas diferenças de manejo, idade de corte e porção a ser retirada da árvore. De acordo com a Tabela 1 podem ser observados algumas propriedades físicas das madeiras estudadas.

Tabela 1 – Valores de contração e massa específica das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*

Espécies	Contração (%)		Fator T/R	Densidade (g.cm ⁻³)
	Radial	Tangencial		
<i>Khaya ivorensis</i>	2,5	4,4	1,7	0,550
<i>Khaya senegalensis</i>	3,0	5,8	1,8	0,720

Fonte: FOREST PRODUCT LABORATORY – FPL (2010).

2.5 PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA

O conhecimento das propriedades mecânicas da madeira é fundamental para definir corretamente suas aplicações. A resistência mecânica, juntamente com resistência à degradação biológica, facilidade de processamento com ferramentas, valor econômico de mercado e estética, são parâmetros que permitem a classificação apropriada da madeira para usos, como, por exemplo, peças estruturais, móveis e painéis (ARAÚJO, 2007).

A forma e as dimensões das peças, o ângulo de inclinação das fibras, a massa específica, a umidade, as propriedades anatômicas, a composição química e a deterioração do material são fatores que influenciam as propriedades mecânicas da madeira (STANGERLIN et al., 2010).

Tais propriedades avaliam a capacidade da madeira em suportar solicitações externas. A resistência se refere à capacidade em suportar solicitações mecânicas propriamente ditas e a rigidez reporta à proporcionalidade existente entre tensões e respectivas deformações específicas na fase de comportamento elástico-linear da madeira (BENJAMIM, 2006). Entre as propriedades mecânicas, destacam-se a resistência à ação de

forças externas, tais como flexão, compressão, dureza e cisalhamento da madeira.

O ensaio de flexão é um dos mais importantes. A maior parte das estruturas de madeira, como, coberturas, pisos e pontes, estão sujeitas à ação de cargas de flexão. Pode-se afirmar que este esforço está presente sempre que há necessidade de suportar a força da gravidade e de criar áreas livres sobre apoios. Nestes casos desenvolvem-se as três tensões básicas: tensões de tração, compressão e cisalhamento. A resistência da madeira à flexão é menor que a dos metais, no entanto é mais elevada quando comparada a outros materiais não metálicos, como borracha e materiais plásticos (MARTINS, 2010).

A resistência à compressão paralela às fibras se refere à carga máxima suportável por uma peça de madeira quando esta é aplicada em direção paralela às fibras, como por exemplo, colunas que sustentam um telhado (LIMA JUNIOR et al., 2008). Segundo Scanavaca Junior e Garcia (2004), a compressão paralela às fibras consiste na determinação da resistência e da rigidez de um lote de madeira considerado homogêneo e é dada pela máxima tensão de compressão que pode atuar na madeira. De acordo com Fusco, Almeida e Calil Junior (1996), a resistência à compressão depende da massa específica, sendo maior com o aumento desta propriedade. Além da espécie, depende também da umidade e esforço aplicado paralelo às fibras da madeira.

A resistência à tração paralela às fibras ou axial da madeira varia de acordo com a espécie e também de acordo com o arranjo das fibras. O elevado valor da resistência à tração paralela às fibras é vantajoso quando é levado em consideração a massa específica de outros materiais. Já a tração normal às fibras consiste na separação das camadas de crescimento por esforços no sentido radial da peça de madeira (OLIVEIRA, 2007; CALLIL JUNIOR; LAHR; DIAS, 2003).

A dureza é definida como a resistência que a madeira possui a penetração de um corpo sólido por meio da aplicação de uma força (TOMASELLI; BINDER, 1981). A dureza da madeira está relacionada com a resistência da mesma à abrasão ou de ser riscada com vários objetos, assim como a maior ou menor dificuldade em trabalhar a madeira com

ferramentas de corte. É uma propriedade importante para várias utilizações, tais como; assoalhos, mobiliário, artigos desportivos e lápis (TSOUMIS, 1991).

A resistência ao cisalhamento da madeira é definida por Oliveira (2007) como a capacidade que a madeira possui em resistir à ação de forças que tendem a fazer com que parte do material deslize sobre a parte adjacente. Esta propriedade sofre influência da massa específica. Segundo Figueiredo (2006), o mecanismo de ruptura no cisalhamento paralelo às fibras envolve deslizamento entre fibras adjacentes à seção do corte.

Cada espécie possui propriedades mecânicas diferentes e estas diferenças podem ocorrer em função do manejo, qualidade do sítio, clima e fatores genéticos da espécie. Na Tabela 2 podem ser observados valores médios das propriedades mecânicas de *Khaya ivorensis*, *Khaya senegalensis* e mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*).

Tabela 2 – Valores das propriedades de flexão estática, compressão paralela às fibras, cisalhamento paralelo e perpendicular às fibras de *Khaya ivorensis*, *Khaya senegalensis* e *Swietenia macrophylla* à 12% de umidade

Propriedades Mecânicas (MPa)	Espécies Florestais		
	<i>Khaya ivorensis</i>	<i>Khaya senegalensis</i>	<i>Swietenia macrophylla</i>
Módulo de ruptura	86,5	102,0	90,6
Módulo de elasticidade	9.400	9.425	9.110
Compressão paralela	48,0	58,5	31,9
Cisalhamento paralelo	8,0	21,5	10,9

Continua...

Continuação

Dureza	38,0	53,50	49,4
Fonte	Richter e Dallwitz (2000)	Nikiema e Pasternak (2008)	Maineire e Chimelo (1989)

2.6 BIODEGRADAÇÃO DA MADEIRA

De acordo com Lepage (1986), a biodeterioração da madeira é um processo natural e ocorre em todos os ambientes, desde que os organismos que a degradam estejam em condições favoráveis ao desenvolvimento. Por ser um material formado por polímeros naturais que servem como fonte nutritiva, a madeira pode ser atacada por organismos que possuem sistemas enzimáticos específicos capazes de degradar seus componentes químicos.

Segundo Sgai (2000) e Paes (2002), a deterioração da madeira pode ocorrer por meio da ação de agentes físicos, químicos e biológicos. Contudo, os agentes biológicos, conhecidos como biodeterioradores, são os causadores dos maiores prejuízos à utilização da madeira.

A resistência natural da madeira ao ataque dos microrganismos varia em função da diferença da constituição química entre espécies e entre as células da madeira. O alburno é mais suscetível à degradação em comparação ao cerne por ser a parte da madeira que possui material nutritivo armazenado. O cerne, além da ausência deste tipo de material, possui os extrativos, que contêm substâncias inibidoras ou tóxicas (SILVA, 2007).

A quantidade e a qualidade dos extrativos são variáveis de espécie para espécie. As variações nos teores dessas substâncias são evidentes entre indivíduos dentro de uma mesma espécie, variando do cerne mais interno para o recém-formado, sendo mais efetivo neste último. Também, quanto aos tipos de solventes, os quais solubilizam os extrativos de caráter fungicida e inseticida nas madeiras de elevada durabilidade natural, são amplamente variáveis e dependentes das espécies (OLIVEIRA et al., 2005).

O conhecimento químico da madeira também é uma alternativa para uma possível classificação de sua durabilidade natural. A existência de taninos e outros complexos fenólicos, que são tóxicos aos organismos xilófagos, podem também contribuir para esta durabilidade (GONÇALVES et al., 2013).

E acordo com Paes, Morais e Lima (2005) os fungos xilófagos são os organismos responsáveis pelas maiores perdas causadas a estruturas de madeira, como postes, dormentes, moirões e outras. Para avaliar a resistência natural da madeira a fungos, são necessários testes acelerados em laboratório, nos quais amostras de madeira são expostas aos fungos xilófagos causadores das podridões branca ou parda.

Os fungos são responsáveis pela degradação de uma ampla variedade de produtos de madeira, como tábuas e dormentes. Conseguem atacar a madeira, pois possuem capacidade de utilizar substratos como fonte de alimento. O modo de nutrição dos fungos é por absorção. Estes organismos devem inicialmente liberar enzimas digestivas no meio externo. Estas enzimas são responsáveis por quebrar moléculas grandes e insolúveis em pequenas e mais solúveis para que possam ser absorvidas (RUEGGUER, 2001).

Os fungos capazes de promover a degradação enzimática das paredes celulares são divididos em três grupos: fungos de podridão mole, podridão branca e podridão parda (OLIVEIRA et al., 1989).

Os microrganismos mais efetivos na biodegradação são os fungos de podridão branca, os quais degradam todos os componentes da madeira, deixando um aspecto esbranquiçado na madeira (FERRAZ, 1991).

Os fungos de podridão parda, degradam principalmente polissacarídeos da madeira. A madeira colonizada por fungos de podridão parda possuem coloração marrom escura em estágios avançados de apodrecimento (EATON; HALE, 1993).

Os fungos de podridão mole atacam a celulose, restringindo-se a superfície da madeira. A madeira pode escurecer um pouco, mas geralmente a cor não altera muito. Em estágios avançados a madeira atacada se torna mole e quando seca é mais frágil e desenvolve rachaduras (OLIVEIRA et al., 1989).

Os térmitas ou cupins são insetos sociais da ordem isóptera, que contêm cerca de 2.750 espécies descritas no mundo. Mais conhecidos por sua importância econômica como pragas de madeira e de outros materiais

celulósicos, os térmitas também têm atraído a atenção de muitos cientistas em decorrência de seu singular sistema social. Provocam considerável dano econômico em áreas urbanas e regiões tropicais, exercendo papel essencial nos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes (CONSTANTINO, 1999).

Os cupins atacam a madeira e provocam danos econômicos em áreas urbanas e rurais. São insetos conhecidos pelo hábito de se alimentarem preferencialmente de celulose, atacando por esta razão papéis, livros, estruturas de madeira, compensados e aglomerados (ZANETTI, 2002). Os cupins arborícolas constroem ninhos em árvores e se comunicam com o solo por meio de galerias. Os cupins-de-madeira seca vivem em madeira com baixa umidade. As colônias se desenvolvem em madeiras com umidade abaixo de 30% (BRAZOLIN et al., 2001).

De acordo com o FPL (1973) inúmeras espécies de folhosas possuem alta resistência natural a biodeterioração. As mais conhecidas são teca (*Tectona grandis*), entre as madeiras classificadas como mogno, tem-se o mogno da América do Sul (*Swietenia macrophylla*), com alta resistência a organismos xilófagos e o mogno africano que é considerado de resistência moderada. Segundo Machado, Cruz e Nunes (2003) as madeiras de *Khaya ivorensis* e de *Khaya senegalensis* são moderadamente duráveis a susceptível ao ataque de fungos e cupins.

Sendo assim o conhecimento sobre a influência dos elementos secundários da madeira (extrativos) juntamente com a resistência natural das espécies, são de extrema importância para melhor caracterização da madeira e maior qualidade do produto final.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, H. J. B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. **Floresta**, v. 37, n. 3, 2007.

ARNOLD, R. *Khaya senegalensis* – current use from its natural range and its potential in Sri Lanka and elsewhere in Asia. In: **Prospects for high-value hardwood timber plantations in the 'dry' tropics of Northern Australia: Proceedings of a Workshop held in Mareeba**, North Queensland, Australia, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE – ABIMCI. Colar com qualidade. Artigo Técnico. In: **Fórum nacional das atividades de base florestal**. Curitiba, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES FLORESTAIS DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF**. Ano Base 2012, 2013.

BARCELLOS, D. C.; COUTO, L. C.; MÜLLER, M. D.; COUTO, L. Estuda da arte da qualidade da madeira para produção de energia: um enfoque nos tratamentos silviculturais. **Biomassa e Energia**, v. 2, n. 2, p. 141-158, 2005.

BARROS, A. V. L.; HOMMA, A. K. O.; TAKAMATSU, J. A.; TAKAMATSU, T.; KONAGANO, M. Evolução e percepção dos sistemas agroflorestais desenvolvidos pelos agricultores nipo-brasileiros do município de tomé-açu, estado do Pará. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, v. 5, n. 9, 2009.

BENJAMIN, C. A. **Estudo da estrutura anatômica e das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Corymbia (Eucalyptus) citriodora* e *Eucalyptus grandis***. 2006. 158p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

BOKKESTIJN, A.; FRANCIS, J. *Khaya senegalensis* Juss-caoba de zonas secas. In: **Bioecología de árboles Nativos y Exóticos de Puerto Rico y las Indias occidentales**. p.300-303, 2000.

BRAZOLIN, S.; FERNANDES, J. L. G.; LOPES, G. A. C.; MONTEIRO, M. B. B.; ZENID, G. J. **Biodeterioração de madeiras em edificações**. São Paulo: IPT, 2001. 54 p.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991, 154p.

CALLIL JUNIOR, C.; LAHR, F. A. R.; DIAS, A. A. **Dimensionamento de elementos estruturais de madeira**. São Paulo: Manole, 2003, 152p.

CARLQUIST, S. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. **American Journal of Botany**, v. 64, p. 887-896, 1977.

CARVALHO, A. M.; SILVA, B. T. B.; LATORRACA, J. V. F. Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). **Cerne**, v. 1, p. 106-114, 2010.

CONDE, R. A. R. **Controle silvicultural e mecânico da broca do mogno *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1948) (Lepdoptera; Pyralidae) em sistema agroflorestal**. 2006, 74p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.

CONSTANTINO, R. Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. **Papéis avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 40, n. 25, p.387-448, 1999.

COSTA, A. **Anatomia da madeira**. Coletâneas de Anatomia da Madeira. 2001. Disponível em: <www.joinville.udesc.br/sbs/.../APOSTILANATOMIA1.pdf> Acesso em: 14 jul. 2012.

COUTO, J.M.F.; OTONI, W.C.; PINHEIRO, A.L.; FONSECA, E.P. Desinfestação e germinação in vitro de sementes de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Revista Árvore**, v.28, n.5, p.633-642, 2004.

DIAS, A. H. S.; UMETSU, F.; BREIER, T. B. Avaliação do potencial de germinação do mogno-africano sob diferentes tipos de substrato e períodos de armazenamento. **Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes**, v. 22, n. 1, 2012.

DOWNES, G.; HUDSON, I.; RAYMOND, C.; DEAN, G.; MICHELL, A.; SCHMILECK, L.; EVANS, R.; MUNERI, A. **Sampling plantation *Eucalyptus* for wood and fiber properties**. CSIRO, Australia. 132 pp, 1997.

EATON, R. A.; HALE, M. D. **Wood: decay, pests and protection**. London: Chapman and Hall, 1993, 546p.

FALESI, I. C.; BAENA, A. R. C. **Mogno africano *Khaya ivorensis* A. Chev. em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999, 52p.

FERRAZ, A. L. **Contribuição ao estudo do ascomiceto *Chrysonilia sitophila* : biodegradação de madeira e seus componentes**. 1991, 145p. Tese (Doutorado em Química), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

FIGUEIREDO, A. D. **Inter-relação entre as propriedades e a microestrutura das madeiras**. Departamento de Engenharia de Construção Civil Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 25 p., São Paulo, 2006.

FOREST PRODUCT LABORATORY – FPL. **Principles for protecting wood buildings from decay**. USDA Servie, Research Paper, 1973.

FOREST PRODUCTS LABORATORY – LPF. **Wood handbook:** Wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, Wisconsin: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. ed. 100, 508 p. 2010.

FUSCO, P. B.; CALIL JUNIOR, C.; ALMEIDA, P; A. de O. **Norma de projeto de estrutura de madeira.** 1996, 122p. Boletim Técnico da Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 1996.

GASPAROTTO, L.; HANADA, R.E.; ALBUQUERQUE, F.C.; DUARTE, M.L.R. Mancha areolada causada por *Thanatephorus cucumeris* em mogno-africano. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 3, p. 660-661, 2001.

GLASS, S. V.; ZELINKA, S. L. Moisture relations and physical properties of wood. In: **Forest Products Laboratory.** Wood Handbook—Wood as an engineering material. U.S. Madison: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. p. 04-19.

GONÇALVES, F. G.; PINHEIRO, D. T. C.; PAES, J. B.; CARVALHO, A. G.; OLIVEIRA, G. L. Durabilidade natural de espécies florestais madeireiras ao ataque de cupim de madeira seca, **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 1, p. 110-116, 2013.

GONÇALVEZ, T. A. P. **Contribuição ao conhecimento da anatomia da madeira das famílias:** Anacardiaceae, Annonaceae, Aquifoliaceae, Apocynaceae e Araliaceae, através de amostras carbonizadas do lenho de espécies brasileiras. 2006, 116 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

GUIMARÃES, K.; MARINHO, P. S. B.; SILVA, M. F. G. V.; FERNANDES, J. B.; VIEIRA, P. C.; MÜLLER, M. W. Limonóides isolados na família Meliaceae. In: **XXVI Reunião Anual sobre Evolução**, Sistemática e Ecologia Micromoleculares, 2004.

HAYGREEN, J.; BOWYER, J. **Forest products and wood science.** E ed. Iowa State University Press. Ames, Iowa, USA. 484 pp., 1996.

INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION (ITTO). **Tropical Timber Market Report**, v., 16, n. 23, 20 p., 2011.

KOLLMAN, F. F. P.; COTE, W. A. **Principles of Wood Science and Technology, Volume I:** Solid Wood. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 592 pp., 1968.

LAZARETTI, D. S. **Qualidade da madeira e rentabilidade na produção de *Pinus taeda* L. visando múltiplos mercados.** 2007, 131 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

LENZ, P.; MACKAY, J.; RAINVILLE, A.; CLOUTIER, A.; BEULIEU, J. The influence of cambial age on breeding for wood properties in *Picea glauca*. **Tree Genetics and Genomes**, n. 7, p. 641-653, 2011.

LEPAGE, E. S. **Manual de preservação de madeiras**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. v. 1, 342 p., 1986.

LIMA JUNIOR, D. L. ; PIRES A. M.; MORAE A. P.; PEIXOTO E. J. DOS S.; SILVA JUNIOR C. A. O. **Madeira de lei**. Universidade do Amazonas - UNAMA. 27p. 2008. Disponível em: <www.ebah.com.br/madeira-de-lei-pdf-a14501.html>. Acesso em: 20 jul. 2010.

MACHADO, J. S.; CRUZ, H.; NUNES, L. Mitos e factos relacionados com o desempenho de elementos de madeira em edifícios. In: **3º ENCORE: Materiais e técnicas de conservação e de reabilitação**, 2003.

MAINIEIRI, C.; CHIMELO, J. P. Fichas de características das madeiras brasileiras. São Paulo: IPT, 1989. 418 p.

MARTINI, A. J. **A Introdução do eucalipto no Brasil completa 100 Anos**. 2010. Disponível em: <www.tudosobreplantas.com.br/blog/index.php/artigos/a-introducao-do-eucalipto-no-brasil-completa-100-anos/>. Acesso em: 22 jun. 2012.

MARTINS, T. F. R. M. **Dimensionamento em estruturas em madeira**. 2010, 165 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

NIKIEMA, A.; PASTERNAK, D. **Khaya senegalensis (Desr.) A.Juss.** In: Louppe, D.; Oteng-Amoako, A.A.; Brink, M. (Editors). Protá 7(1): Timbers/Bois d'œuvre 1. PROTÁ, Wageningen, Netherlands, 2008. Disponível em <<http://database.prota.org/PROTAhtml/>> Acesso em 07 de jun. 2013.

OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; ALMEIRA, W.; PEREIRA, B. L. C.; CARDOSO, M. T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 431-439, 2010.

OLIVEIRA, J. T. S. Propriedades físicas e mecânicas da madeira. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Jerônimo Monteiro: Suprema Gráfica e Editora. p. 129 – 163, 2007.

OLIVEIRA, A.M.F., LELIS, A. T., LEPAGE, E. S., CARBALLERA LOPEZ, G .A., OLIVEIRA, L. C. S., CANEDO, M. D., MILANO, S. **Agentes destruidores da madeira**. In: LEPAGE, E. S. (Coord.) Manual de preservação de madeiras. São Paulo: IPT, 1986. v.1 p. 99- 279.

OLIVEIRA, J. T. S.; SOUZA, L. C.; LUCIA, R. M. D.; SOUZA JÚNIOR, W. P. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, 2005.

ONA, T.; SONODA, T., ITO, K., SHIBATA, M., TAMAI, Y., KOJIMA, Y., OHSHIMA, J., YOKOTA, S.; YOSHIZAWA, N. Investigation of relationships between cell and pulp properties in *Eucalyptus* by examination of within-tree property variations. **Wood Science and Technology**, v. 35, p. 229-243, 2001.

ORWA, C.; MUTUA, A.; KINDT, R. ; JAMNADASS, R.; ANTHONY, S., 2009. **Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0.** World Agroforestry Centre, Kenya. Disponível em <<http://www.feedipedia.org/node/1650>>. Acesso em 07 de jun. de 2013.

PADILHA, C.; LIMA, J. T.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; ANDRADE, H. B. Avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus urophylla* para utilização em pisos. **Scientia Florestalis**. n. 71, p. 141-147, 2006.

PAES, J. B. Resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* (Hook.) Khayad. Hill e L.A.S. Johnson a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 761-767, 2002.

PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a fungos causadores da podridão-mole. **Revista Árvore**, v.29, n.3, p.365-371, 2005.

PANSHIN, A.J., DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology.** Ed. 4. McGraw-Hill, New York, 687 p., 1980.

PINHEIRO, A. L.; COUTO, L.; PINHEIRO, D. T.; BRUNETTA, J. M. F. C. **Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilização dos mognos-africanos (*Khaya* spp.).** UFV: Viçosa, 2011.

RECHE, K V. G.; MARINHO, P. S. B.; PASQUALLOTO, V. G.; SILVA, M. F. das G. F.; FERNADES, J. B.; VIEIRA, O. C.; MULLER, M. W. Substâncias isoladas de *Khaya ivorensis* (Meliaceae). In: **29ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**, 2008.

REZENDE, A. M.; SAGLIETTI, J. R. C.; CHAVES, R. Variação da densidade da madeira de *Eucalyptus grandis* aos 8 anos de idade em função de diferentes níveis de produtividade. **Scientia Forestalis**, n. 53, p. 71-78, 1998.

RICHTER, H.G.; M.J. DALLWITZ. 2000. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. Disponível em: <<http://biodiversity.uno.edu/delta/>>. Acesso em: 25 nov. 2012.

RUEGGUER, M. J. S. **Atividade enzimática e produção de ácido Y-linolênico por fungos de filamentos isolados no solo, da estação ecológica de Juréia-Itatins, SP.** 2001, 98 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2001.

SANTOS, O. C. O. **Análise do uso do solo e dos recursos hídricos na microbacia do Igarapé Apeú, Nordeste do Estado do Pará.** 2006. 256 p. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, n. 65, p. 120-129, jun. 2004.

SGAI, R. D. **Fatores que afetam o tratamento para preservação de madeiras.** 2000, 130 p. .Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

SHMULSKY, R.; JONES, P. D. **Forest products and wood science: an introduction.** 6ª ed. Ames: Iowa State University. 477 p., 2011.

SILVA, C. A. **Análise da composição da madeira de *Caesalpinia echinata* Lam. (Pau-Brasil):** subsídios para o entendimento de sua estrutura e resistência a organismos xilófagos. 2007. 120 p. Tese (Doutorado em Biologia Celular e Estrutural). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

SILVA, J. C.; OLIVEIRA, J. T. S. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 381-385, 2003.

SILVA, J. S. **Anatomia da madeira e suas implicações tecnológicas.** UFV, Viçosa, 2008.

SIRVIÖ, J.; KÄRENLAMPI, P. The effects of maturity and growth rate on the properties of spruce wood tracheid. **Wood Science and Technology** v. 35, p. 541-554, 2001.

STANGERLIN, D. M.; MELO, R. R. ; GATTO, D. A.; CADEMARTORI, P. H. G. Propriedades de flexão estática da madeira de *Carya illinoensis* em duas condições de umidade. **Ciência da Madeira**, v. 1, n. 2, p. 70-79, 2010.

TAYLOR, D. A. H.; ADESOGAN, E. K.; ADESIDA, G. A.; STYLES, B. T. The limonoids chemistry of the genus *Khaya* (Meliaceae). **Phytochemistry**, n. 10, p. 1845-1853, 1971.

TEIXEIRA, V. C. M. **Avaliação da usinagem da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.).** 2011, 45 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2011.

TOMASELLI, I.; BINDER, J. E. Dificuldade na determinação da dureza Janka e sugestões para melhoramentos na precisão. **Floresta**, v. 12, n. 1, p. 62–65, 1981.

TSOUMIS, G. Mechanical properties. In: **Science and technology of wood**. Nova Iorque, p.44, 1991.

WIEDENHOEFT, A. Structure and Function of Wood. In: **Wood Handbook: wood as an engineering material**. U.S. Madison: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, p. 03-18, 2010.

WINANDY, E. J. Wood Properties. USDA. Forest Products Laboratory. In: ARTNTZEN, Charles J. Orlando-Florida: **Ed. Encyclopedia of Agricultural Science**. Academic Press: 549-561. vol. 4, October 1994.

YASUE, K.; FUNANDA, R.; KOBAYASHI, O.; OHTANI, J. The effects of tracheid dimensions on variations in maximum density of *Picea glehnii* and relationships to climatic factors. **Trees**, v., 14, p. 223-229, 2000.

ZANETTI, R. **Manejo integrado de cupins**. Nota de Aula. Departamento de Manejo Integrado de Pragas Florestais. 2002, 12 p.

ZBONAK, A. AND BROWN, T. AND HARDING, KHAYAAND INNES, T. AND DAVIES , M. **Wood properties and processing outcomes for plantation grown African mahogany (*Khaya senegalensis*) trees from Clare, Queensland (18 and 20 year-old trees) and Katherine, Northern Territory (14 year-old trees)**. Technical Report. Department of Employment, Economic Development and Innovation (DEEDI), 2010.

ZENID, G. J. Comercialização de madeira no Brasil: a importância da correta identificação das espécies. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Jerônimo Monteiro: Suprema Gráfica e Editora, 2008.

ZOBEL, B.J.; VAN BUIJTENEN, J.P. **Wood Variation: Its causes and control**. Springer-Verlag, Berlin, 363 p., 1989.

CAPÍTULO I

ANATOMIA DAS MADEIRAS DE DUAS ESPÉCIES DE MOGNO AFRICANO (*Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*)

RESUMO

Anatomia das madeiras de duas espécies de mogno africano (*Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*)

O objetivo deste trabalho foi descrever as propriedades anatômicas e organolépticas das madeiras de duas espécies de mogno africano *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*, com idade de 19 anos, proveniente de parcelas experimentais plantadas nas áreas da Reserva Natural Vale, localizada no município de Sooretama, no Estado do Espírito Santo. Foram utilizadas cinco árvores de cada espécie. A caracterização anatômica microscópica da madeira foi realizada seguindo as recomendações da Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas e International Association of Wood Anatomists. A madeira de *Khaya ivorensis* possuiu vasos com diâmetro tangencial de 132,3 μm e frequência de vasos de 5,92 poros. mm^{-2} , quanto aos raios, obteve 5,6 raios. mm^{-2} , 486,9 μm de altura, 54,0 μm de largura, 16,1 de altura (número de células) e 3,22 de largura (numero de células). Para as fibras, obteve 1,23 mm, 27,1 μm , 18,9 μm e 4,4 μm de comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede, respectivamente. A madeira de *Khaya senegalensis* obteve vasos com 98,7 μm de diâmetro tangencial, 8,8 poros. mm^{-2} , raios com frequência de 7,2 raios. mm^{-2} , 431,3 μm de altura, 70 μm de largura, 11,9 de altura (numero de células) e 3,6 de largura (numero de células), quanto as fibras obteve 1,21 μm de comprimento, 20,5 μm de largura, 10,6 μm de diâmetro do lume e 4,9 μm de espessura de parede. As espécies estudadas diferenciaram-se quanto à coloração do cerne, brilho moderado, cheiro imperceptível, goto ligeiramente amargo e camadas de crescimento pouco distintas. Possuem diferença nos parâmetros mensurados para vasos. Os raios são predominantemente multisseriados e heterocelulares. As fibras são comumente libríformes de paredes delgadas a espessas.

Palavras-chave: Madeira. Propriedades organolépticas. Descrição anatômica.

ABSTRACT

Anatomy of *Khaya ivorensis* and *Khaya senegalensis*

The aim of this study was to describe the anatomical and organoleptic properties of the wood of two species of African mahogany *Khaya ivorensis* and *Khaya senegalensis* with 19 years old, from experimental plots planted in the areas of Reserva Natural Vale, located in the municipality of Sooretama in State of Espírito Santo. Five trees of each species were used. The microscopic anatomical characterization of wood was carried out following the recommendations of the Pan American Commission on Technical Standards and International Association of Wood Anatomists. The wood of *Khaya ivorensis* has vessels with tangential diameter of 132.3 μm and frequency of vessels of 5.92 vessels. mm^{-2} , as the spokes, got 5.6 raios. mm^{-2} , 486.9 mm in height, 54.0 mm in width, 16.1 height (number of cells) wide and 3.22 (number of cells). For the fiber obtained 1.23 mm, 27.1 μm , 18.9 μm and 4.4 mm in length, width, lumen diameter and wall thickness, respectively. The wood of *Khaya senegalensis* got vessels with 98.7 mm in diameter tangential poros. mm 8.8 2-rays with frequency of 7.2 raios. mm^{-2} , 431.3 mm in height, 70 mm in width, 11.9 height (number of cells) and 3.6 in width (number of cells), as the fibers obtained 1.21 mm in Salute, 20.5 mm in width, 10.6 mm in lumen diameter and 4, 9 mm in wall thickness. The species differed as the color of the heartwood. Have differences in the parameters measured for vessels. The rays are predominantly and heterocellular multiseriate. Libriform fibers are commonly thicker than the thin walls.

Key words: Wood. Anatomy. African mahogany.

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Khaya* pertence à família Meliaceae, de acordo com Barroso (1984) esta família compreende cerca de 50 gêneros que abrangem aproximadamente 1.400 espécies, em que 60% fazem parte da economia florestal de vários países. Pinheiro et al. (2011) afirmaram que o gênero *Khaya* possui quatro importantes espécies produtoras de madeira comerciais na África, Comores e Madagascar, sendo conhecidas como mogno africano e são espécies com grande semelhança aos mognos latino-americanos (*Swietenia macrophylla* e *Swietenia humilis*).

No Brasil, a introdução e o cultivo de meliáceas exóticas em substituição principalmente ao mogno nativo da Amazônia (*Swietenia macrophylla*) são difundidos e recomendados principalmente em função da grande semelhança entre as espécies, proibição da exploração e comercialização do mogno e resistência ao ataque da broca-do-ponteiro, *Hypsipyla grandella* (CASTRO et al., 2008).

As espécies *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*, vulgarmente conhecidas como mogno africano, naturais da África, são arbóreas de grande porte e produtoras de madeira de boa qualidade. São de alto valor comercial e sua madeira é utilizada para construção naval, fabricação de móveis, pisos, decoração de ambientes internos e externos (ARNOLD, 2004). No Brasil os plantios de mogno africano estão distribuídos pelos estados do Pará, Mato Grosso, São Paulo, Minas Gerais e Goiás.

Para a correta utilização da madeira, é de extrema necessidade o conhecimento das características anatômicas do material, pois estas informações possibilitam a determinação das propriedades tecnológicas e com isto é possível utilizar o material com economicidade e segurança (OLIVEIRA, 2007).

O estudo anatômico da madeira pode ser realizado de duas maneiras, a macroscópica e a microscópica. Nas observações macroscópicas são observadas características que requerem pouco ou nenhum aumento. Tais características são reunidas em dois grupos: as organolépticas e as anatômicas (ZENID; CECCANTINI, 2007).

As propriedades organolépticas são aquelas percebidas pelos órgãos sensoriais. De acordo com Burguer e Richter (1991) entre as principais propriedades organolépticas cita-se a cor, cheiro, gosto, disposição da grã, textura, brilho e figura.

A análise microscópica fornece maiores e melhores detalhes da estrutura que forma o xilema e possibilita a identificação da madeira, com base nas diferenças morfológicas das estruturas anatômicas do xilema secundário de uma madeira adulta.

O mogno africano possui grande aceitação no mercado em função de suas características tecnológicas e à beleza da madeira. A cor que o mogno africano possui, faz com que a madeira seja altamente valorizada para a produção de produtos de maior valor agregado, como móveis. O alburno possui coloração marrom-amarelada e o cerne, de cor marrom-avermelhada e a grande semelhança com o mogno brasileiro faz com que o comércio do mogno africano seja muito bom (UNIVERSITY OF KENTUCKY, 1997).

A anatomia da madeira é uma ferramenta difundida para o estudo dos elementos que compõem o xilema secundário, além de possibilitar o entendimento sobre o comportamento da madeira no seu uso final (WIEDENHOEFT, 2010).

O estudo da anatomia do lenho tem por principal finalidade o reconhecimento microscópico da madeira, sendo sua maior vantagem à correta aplicação do material para o comércio e a indústria madeireira. O estudo anatômico representa um meio seguro para identificá-las, fornecendo informações necessárias que garantam um produto final de boa qualidade (COSTA, 2001). A madeira possui três diferentes faces e sua anatomia pode ser melhor entendida por meio da observação de três faces fundamentais, seja axial; transversal e sejam longitudinais tangencial e radial. As três direções interferem diretamente nas propriedades físicas, mecânicas e tecnológicas da madeira (CHIMELO, 1986).

Desta forma, o estudo da estrutura anatômica da madeira de mogno africano plantada na Reserva Natural Vale, se faz necessário, visto que esta é uma das madeiras tropicais valiosas e que vem se destacando no mercado brasileiro em função de suas características, como resistência mecânica,

durabilidade e estética, além de ser uma opção para substituição da madeira do mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*).

Diante do exposto o objetivo deste capítulo, foi descrever as propriedades anatômicas e organolépticas da madeira de duas espécies de mogno africano, *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* provenientes da Reserva Natural Vale, Espírito Santo, com 19 anos de idade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 DESCRIÇÃO DO MATERIAL

O material estudado foi procedente das espécies *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* com idade de 19 anos, proveniente de parcelas experimentais implantadas nas áreas da Reserva Natural Vale, localizada no município de Sooretama, norte do estado do Espírito Santo. A Reserva está situada na latitude 19° 18' de latitude S e longitude 40° 19' W. Os solos são classificados como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico coeso e Podzólico, textura argilosa fase florestal subperenifólia. O clima do local é do tipo tropical úmido, com precipitação pluviométrica média anual de 1.202 mm, temperatura média máxima de 25,2 °C e mínima de 19,1 °C, umidade relativa de 84,3 %, com 2.037 horas/ano de insolação, a uma altitude que varia de 28 a 65 m (JESUS, 2001).

Foram colhidas cinco árvores de cada espécie e para a caracterização anatômica foi utilizado um disco no diâmetro a altura do peito (DAP), tomado a 1,3 m do solo, de cada espécie, com aproximadamente 2,5 cm de espessura.

2.2 CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA

Para a descrição das características organolépticas e dos caracteres microscópicos da madeira, foram utilizadas as recomendações da Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas – COPANT (1974) e Associação Internacional de Anatomistas de Madeira – IAWA (1989). A determinação da cor da madeira seca foi realizada de acordo com a escala de Munsell (1957), usualmente utilizada para madeiras. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Ciências e Tecnologia da Madeira, Jerônimo Monteiro, ES.

Para a verificação da cor do cerne e alburno, camadas de crescimento e propriedades organolépticas, os discos foram aplainados e lixados para

melhor visualização destas características. Para mensuração dos elementos vasculares e raios foram utilizados corpos de prova retirados na posição de transição do cerne e alburno (cerne periférico), com dimensões de 1,0 x 1,5 x 2,0 cm axial radial; axial tangencial e longitudinal, respectivamente.

Para a obtenção das seções histológicas, os corpos de prova foram amolecidos em água à temperatura de ebulição. As seções foram retiradas em micrótomo de deslize, com espessura variando de 18 a 20 μ m.

Os cortes transversal, tangencial e radial, foram submetidos ao processo de coloração com safranina aquosa a 1% e posteriormente preparadas lâminas permanentes. A dissociação dos elementos celulares foi realizada de acordo com o método Franklin (1945), e posteriormente, o material dissociado foi corado com safranina a 1%. As lâminas semi-permanentes contendo o material dissociado foram preparadas em solução aquosa de glicerina (1:1). Os parâmetros anatômicos analisados foram os elementos de vasos, parênquima, raios e fibras.

Para análise dos resultados foi utilizada estatística descritiva, por meio de média, desvio padrão e coeficiente de variação. Foi utilizado o Teste F para a comparação entre as médias à 95% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DA MADEIRA

A madeira de *Khaya ivorensis* possui coloração diferente entre alburno e cerne pouco distintos. O cerne possui coloração rosada, 7,5YR 8/3 de acordo com a escala de Munsell (1957). A madeira possui brilho moderado, cheiro imperceptível, gosto ligeiramente amargo e as camadas de crescimento são pouco distintas.

A madeira de *Khaya senegalensis* possui diferença entre cerne e alburno pouco distinto. A madeira de cerne possui coloração vermelho claro, 2,5YR 6/6 de acordo com a escala de Munsell (1957). A madeira possui brilho moderado, cheiro imperceptível, gosto ligeiramente amargo e com camadas de crescimento pouco distintas.

De acordo com o Forest Product Laboratory – USDA (2010), ao listar as propriedades das madeiras de folhosas tropicais, classificou a madeira de *Khaya ivorensis* com cerne de coloração castanho claro rosado e alburno de coloração amarelado. Reilly e Robertson (2006) estudaram a madeira de *Khaya senegalensis* com 38 anos de idade e afirmaram que o cerne possui coloração avermelhada, alburno amarelado e nem é distinto do alburno. A madeira exibe textura média a grossa, grã intercruzada e brilho moderado. Quando comparada às madeiras deste estudo, somente a madeira de *Khaya senegalensis* possuiu cor semelhante a da literatura.

As características organolépticas da madeira são importantes, pois o mogno africano é utilizado para produção de móveis finos, em que a estética, textura, grã, brilho e cor fazem diferença quando da escolha do produto. De acordo com Reilly e Robertson (2006), esta madeira possui características organolépticas similares às do mogno brasileiro, e considerado um atrativo para o mercado consumidor.

3.2 CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DAS MADEIRAS

Na Tabela 1 pode ser observado os valores médios referentes aos elementos anatômicos analisados das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* com 19 anos de idade. No Apêndice A, Tabela 1A, 2A e 3A verifica-se o resumo das análises de variância dos parâmetros anatômicos avaliados para as espécies estudadas.

Tabela 1 – Análise quantitativa das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* (19 anos)

Parâmetros mensurados	<i>K. ivorensis</i>	<i>K. senegalensis</i>	
	(200,0)(78,1)	(150,0)(16,2)	
Vasos	Diâmetro tangencial (μm)	132,31 ^a	98,68 ^b
	(19,3)	(24,0)	
	(15)(2)	(18)(3)	
	Frequência (poros. mm^{-2})	5,92 ^b	8,8 ^a
	(45,4)	(40,4)	
	(10)(3)	(10)(4)	
	Frequência (raios. mm^{-2})	5,6 ^b	7,2 ^a
	(22,6)	(16,4)	
	(953,4)(289,8)	(579,7)(289,9)	
	Altura (μm)	486,9 ^a	431,3 ^b
	(28,9)	(14,4)	
	(76,5)(38,2)	(92,4)(38,2)	
Raios	Largura (μm)	54,0 ^b	70 ^a
	(29,0)	(15,2)	
	(32,5)(8,4)	(19,1)(7,0)	
	Altura (nº de célula)	16,1 ^a	11,9 ^b
	(39,3)	(21,3)	
	(6,4)(2,7)	(5,2)(2,8)	
	Largura (nº de células)	3,22 ^a	3,6 ^a
	(33,4)	(21,5)	

Continua...

		Continuação	
Fibras	Comprimento (mm)	(1,5) 1,23 ^a (14,1)	(1,5)(9,1) 1,21 ^a (13,7)
	Largura (µm)	(37,7)(16,9) 27,1 ^a (16,2)	(27,5)(13,1) 20,5 ^b (19,1)
	Diâmetro do lume (µm)	(27,7)(9,5) 18,9 ^a (21,7)	(16,7)(5,5) 10,6 ^b (26,2)
	Espessura da parede (µm)	(7,3)(1,8) 4,4 ^a (29,6)	(6,9)(3,3) 4,9 ^a (17,3)

* Valores entre parênteses são máximo e mínimo, respectivamente, e coeficiente de variação.

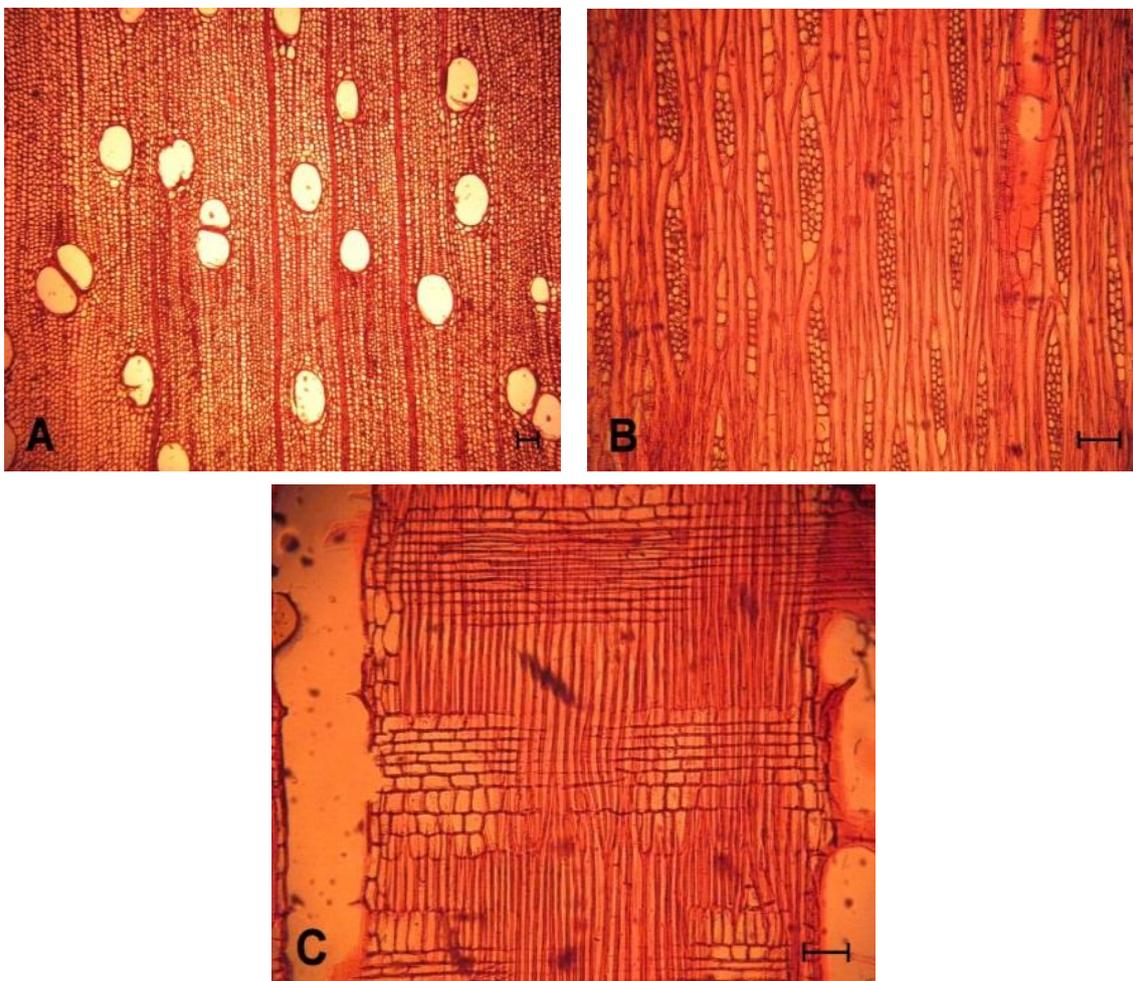
** As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Teste F; $p > 0,05$).

De acordo com a Tabela 1, não houve diferença estatística para largura de raios (número de células), comprimento e espessura de fibras. Para os demais parâmetros anatômicos analisados, houve diferença estatística a 5% de significância pelo teste F. As diferenças anatômicas entre as espécies influenciam o comportamento físico e mecânico das mesmas. Moreira (1999) afirmou que existe uma relação entre as propriedades anatômicas e propriedades mecânicas, em que os vasos e as fibras são os elementos que mais influenciam na resistência mecânica. Além de influenciar na secagem e tratamento com preservantes. Com estes resultados, a madeira de *Khaya senegalensis* poderá possuir maior densidade, maior resistência mecânica e maior dificuldade de secagem.

O lenho de *Khaya ivorensis* possui vasos obstruídos por gomas, com distribuição semi-anel, e de seção ovalada, predominantemente solitários, com presença rara de múltiplos de dois. A frequência média é pouco numerosa, com diâmetro tangencial de tamanho médio. O parênquima axial é do tipo apotraqueal difuso escasso. Os raios são predominantemente multisseriados, heterogêneos, formados por células eretas, quadradas e procumbentes, possuindo estrutura não estratificada; são finos, muito altos e pouco numerosos. As fibras são do tipo libriformes, curtas e espessas. As fotomicrografias dos três planos anatômicos estão na Figura 1. Na Tabela 2

pode ser observado o resumo da caracterização anatômica das espécies estudadas.

Figura 1 – Fotomicrografias ilustrando os três planos de observação da estrutura anatômica de *Khaya ivorensis*: a) transversal; b) longitudinal tangencial. c) longitudinal radial; com 19 anos de idade. Barra = 100 μ m.

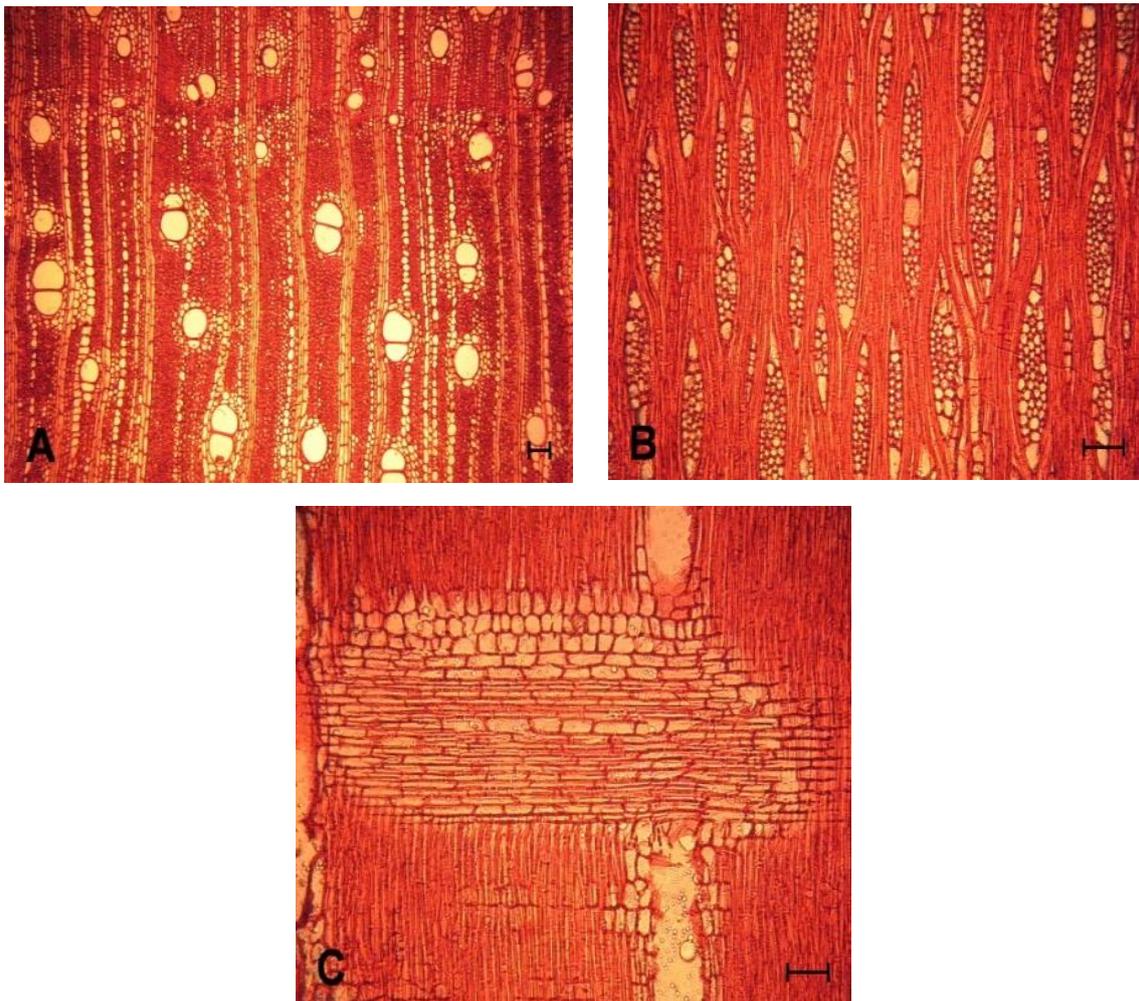


FONTE: o autor.

A madeira de *Khaya senegalensis* possui vasos obstruídos por gomas de seção ovalada, porosidade difusa, múltiplos de dois e três. Quanto à frequência, são pouco numerosos, com diâmetro tangencial pequeno. O parênquima paratraqueal é do tipo vasicêntrico e aliforme escasso e também parênquima apotraqueal marginal. Os raios são predominantemente multisseriados, heterogêneos, formados por células eretas, quadradas e

procumbentes, possuindo estrutura não estratificada, são estreitos, muito altos e pouco numerosos. As fibras são do tipo libriforme, curtas e espessas. As fotomicrografias dos três planos anatômicos da madeira de *Khaya senegalensis* podem ser observadas na Figura 2.

Figura 2 – Fotomicrografias ilustrando os três planos de observação da estrutura anatômica de *Khaya senegalensis*: a) transversal; b) longitudinal tangencial. c) longitudinal radial; com 19 anos de idade. Barra = 100 μm .



FONTE: o autor.

Tabela 2 – Características anatômicas das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* (19 anos)

Parâmetros mensurados	<i>Khaya ivorensis</i>	<i>Khaya senegalensis</i>
Vasos	obstruídos por goma, com distribuição semi-anel, vasos de seção ovalada, predominantemente solitários, com presença de múltiplos de dois e três. A frequência é pouco numerosa, com diâmetro tangencial de tamanho médio	obstruídos por goma, porosidade difusa, múltiplos de dois e três. Quanto à frequência, são pouco numerosos, com diâmetro tangencial pequeno
Parênquima	Apotraqueal difuso escasso	paratraqueal tipo vasicêntrico e aliforme escasso e parênquima apotraqueal marginal
Raios	multisseriados, heterogêneos, formados por células eretas, quadradas e procumbentes, possuindo estrutura não estratificada, são finos, muito altos e pouco numerosos	multisseriados, heterogêneos, formados por células eretas, quadradas e procumbentes, possuem estrutura não estratificada, são estreitos, muito altos e pouco numerosos
Fibras	libriforme, curtas e espessas	libriforme, curtas e espessas

De acordo com Ayensu e Bentum (1974), a madeira de *Khaya ivorensis* provenientes do África Ocidental possui vasos de diâmetro médio de 100 μm , predominantemente solitários e alguns múltiplos de dois e três; raios heterogêneos, com cinco células de largura e 18 de altura; e fibras septadas, possuindo comprimento médio de 1,4 mm. Para Rinne, Hakkarainen e Rikkinen (2011), essa madeira, possui porosidade difusa, diâmetro de vaso de 192 μm , algumas vezes obstruídos com resina, parênquima paratraqueal vasicêntrico e raios multisseriados heterogêneos, com 5 a 8 células de largura.

Donkor (1997) ao estudar o lenho de *Khaya senegalensis* afirmou que a madeira possui porosidade difusa, vasos múltiplos, frequência de seis vasos. mm^{-2} ; diâmetro médio de 170 μm , com presença de gomo resina nos vasos; parênquima paratraqueal vasicêntrico e apotraqueal concêntrico; raios multisseriados, heterogêneos, com oito células de largura; e fibras septadas, com parede espessa.

A caracterização anatômica mostrou algumas diferenças entre as madeiras de mogno africano plantadas do Brasil em relação aos caracteres anatômicos observados das madeiras das mesmas espécies provenientes de outras localidades, sendo de floresta nativa ou plantada. Esta caracterização é de suma importância, pois por meio desta é possível indicar a melhor utilização destas espécies.

4 CONCLUSÕES

As duas espécies possuem propriedades organolépticas semelhantes.

Em relação aos aspectos quantitativos dos elementos anatômicos, se diferenciaram entre as espécies, com exceção da largura em número de células dos raios, comprimento e espessura da parede das fibras.

Relativo aos aspectos qualitativos as madeiras apesar de possuir algumas semelhanças na estrutura anatômica, estas apresentam diferenças em características como disposição de vasos, em que a madeira de *Khaya ivorensis* é em semi-anel e a madeira de *Khaya senegalensis* é difusa. Também diferem quanto ao agrupamento dos poros, em que os poros da madeira de *Khaya ivorensis* são predominantemente solitários e a madeira de *Khaya senegalensis* os poros são múltiplos de dois e de três. Quanto ao tipo de parênquimas, as espécies também possuem diferenças, em que *Khaya ivorensis* possui parênquima apotraqueal difuso escasso e a *Khaya senegalensis* possui parênquima paratraqueal vasicentrico e aliforme escasso e apotraqueal marginal.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNOLD, R. *Khaya senegalensis* – current use from its natural range and its potential in Sri Lanka and elsewhere in Asia. In: PROSPECTS FOR HIGH-VALUE HARDWOOD TIMBER PLANTATIONS IN THE 'DRY' TROPICS OF NORTHERN AUSTRALIA, 2004, Mareeba. **Proceedings....** Mareeba: , 2004. CD-ROM.

AYENSU, E S.; BENTUM, A. Commercial timbers of west Africa. **Smithsonian Contributions to B**, n. 14, Washington, 1974.

BARROSO, A. B. **Silvicultura especial de arboles maderables tropicales**. Imprensa Universitária, UFV, 1984. 377p.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel S.A. 1991. 154p.

CASTRO, C. R. T.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; SANTOS, N. F. A.; MONTEIRO, E. M. M.; AVIZ, M. A. B.; GARCIA, A. R. Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, 2008.

CHIMELO, J. P. Anatomia da madeira. In: LEPAGE, E. S. (Coord.). **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1986. v. 1. p. 41-67.

COMISSÃO PAN-AMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT**: descrição macroscópica, microscópica e geral da madeira. São Paulo, 1974. v. 30, p.1-19.

COSTA, A. **Anatomia da madeira**. Coletâneas de anatomia da madeira. 2001. Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br/sbs/.../APOSTILANATOMIA1.pdf>. Acesso em: 23 maio 2013.

DONKOR, B. N. **Stem wood structure of four Ghanaian *Khaya* species**. 1997. 97p. Dissertation (Master in Science in Forestry) - Faculty of Forestry, Ottawa, 1997.

FOREST PRODUCT LABORATORY – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Wood technology transfer fact sheet – *Khaya ivorensis* (African mahogany)**. Madison: Center for Wood Anatomy Research, Research and Development, Forest Products Laboratory, 2010. Disponível em: <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/TechSheets/Chudnoff/African/htmlDocs_afri ca/khayaivor.html>. Acesso em: 28 mar. 2013.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood – resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, v. 155, n. 3924, p. 51, 1945.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS – IAWA. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v.10, n.3, p.226-332, 1989.

JESUS, R. M. **Manejo florestal**: impactos da exploração na estrutura da floresta e sua sustentabilidade econômica. 2001. 244f. Tese (Doutorado em Ecologia), Universidade de Campinas, Campinas, 2001.

MOREIRA, W. S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira**. 1999, 107f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal de Viçosa, 1999.

MUNSELL, A. H. **Munsellbook of color**: defining, explaining and illustrating the fundamental characteristics of color. Baltimore: Munsell Color Company, 1957.

OLIVEIRA, J. T. S. Propriedades físicas e mecânicas da madeira. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Jerônimo Monteiro: Suprema Gráfica e Editora. p. 129 – 163, 2007.

PINHEIRO, A.L.; COUTO, L. PINHEIRO, D.T.; BRUNETTA, J.M.F.C. **Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilização dos mogno-africanos (*Khaya* spp.)**. Viçosa, Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Agrossilvicultura, 201. 102p.

REILLY, D. F.; ROBERTSON, R. M. **Evaluation of the wood quality and utilization potential of plantation grown *Khaya senegalensis* (African mahogany)**. Department of Primary Industry, Fisheries and Mines Crops, Forestry and Horticulture Division. 2006. (Information Booklet).

RINNE, E.; HAKKARAINEN, J.; RIKKINEN, J. Comparative ecological wood anatomy of African mahogany *Khaya ivorensis* with special reference to damage caused by *Hypsipyla robusta*. **European Journal of Scientific Research**, v. 51, n. 1, p. 18-28, 2011.

UNIVERSITY OF KENTUCKY. **An introduction to wood anatomy characteristics common to softwoods and hardwoods**. Cooperative Extension Service. College of Agriculture. University of Kentucky, 1997. Disponível em: < <http://www2.ca.uky.edu/agc/pubs/for/for59/for59.pdf>>. Acesso em 20 de out. 2013.

WIEDENHOEFT, A. Structure and function of wood. In: **Forest Products Laboratory, Wood Handbook: Wood as an engineering material**. U.S. Madison: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, p. 03-18, 2010.

ZENID, G. J.; CECCANTINI, G. C. T. **Identificação macroscópica de madeiras**. Laboratório de Madeira e Produtos Derivados. Centro de Tecnologia de Recursos Florestais. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2007.

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DE DUAS ESPÉCIES DE MOGNO AFRICANO

RESUMO

Caracterização físico-mecânicas de duas espécies de mogno africano

O objetivo deste trabalho foi determinar as propriedades físico-mecânicas das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*, de árvores com 19 anos de idade, provenientes de parcelas experimentais implantadas nas áreas da Reserva Natural Vale, localizada no município de Sooretama, Estado do Espírito Santo. As propriedades físicas determinadas foram a massa específica básica, retratibilidade e as mecânicas foram a resistência à compressão paralela, flexão estática, cisalhamento e dureza Janka. A madeira de *Khaya ivorensis* possui densidade baixa, enquanto a de *Khaya senegalensis* possui densidade média e ambas as espécies possuem estabilidade dimensional média. A madeira de *Khaya senegalensis* possui maior resistência mecânica quando comparada à de *Khaya ivorensis*. As características físicas determinadas demonstraram semelhança do comportamento da madeira de mogno africano proveniente de floresta nativa e de floresta plantada. Quando comparada com outras espécies utilizadas para plantio comercial no Brasil, como teca, cedro australiano e eucalipto, a madeira de mogno africano possui valores semelhantes e em algumas propriedades, como a dureza, as madeiras estudadas tiveram valores superiores.

Palavras-chaves: *Khaya ivorensis*. *Khaya senegalensis*. Propriedades da madeira.

ABSTRACT

Physical and mechanical properties of two species of African mahogany wood

The objective of this study was to determine the physical and mechanical properties of wood of *Khaya ivorensis* and *Khaya senegalensis* of trees 19 years old, from implanted in the areas of experimental plots Vale Nature Reserve, located in the municipality of Sooretama , Espírito Santo. The physical properties were determined basic density, shrinkage and mechanical properties were compression, static bending, shear and Janka hardness. The wood of *Khaya ivorensis* has low density and *Khaya senegalensis* has medium density and both species have medium dimensional stability. The wood of *Khaya senegalensis* has higher mechanical strength compared to the *Khaya ivorensis*, the former is more suitable for uses that require a little more strength being. The physical characteristics showed similar behavior of African mahogany wood from native forest and planted forest. When compared with other species used for commercial planting in Brazil as teak, Australian cedar and eucalyptus, African mahogany wood has similar values and some properties such as hardness, African mahogany had higher values.

Key words: *Khaya ivorensis*. *Khaya senegalensis*. Wood properties.

1 INTRODUÇÃO

As espécies de *Khaya* são comumente referidas como mogno africano, produzindo madeira de ótima qualidade. Com isto, tem-se intensificado a introdução de espécies deste gênero em substituição ao mogno brasileiro ou *Swietenia macrophylla*, já que elas possuem resistência ao ataque da *Hypsipyla grandella* (RECHE, 2007).

O conhecimento das propriedades físicas e mecânicas da madeira é fundamental para definir adequadamente as aplicações a que a mesma será destinada e dimensionar, com segurança, os componentes de uma estrutura ou móvel confeccionado com esse material. Combinados a outros fatores, como durabilidade natural, facilidade de processamento com ferramentas, valor econômico de mercado e estética, os parâmetros dessas propriedades permitem que as madeiras sejam classificadas em usos mais apropriados, como, peças estruturais para ambientes internos e externos de habitações, móveis, painéis e embalagens (ARAÚJO, 2007).

Dentre as propriedades físicas da madeira, a massa específica é a propriedade mais importante, em decorrência de sua relação com alguns aspectos tecnológicos e econômicos da madeira. Citam-se, como exemplos, a retratibilidade e o inchamento, a resistência mecânica da madeira, a produção e a qualidade da polpa de celulose e do carvão vegetal e os custos operacionais ligados ao transporte e armazenamento da madeira (STURION et al., 1987).

O estudo do comportamento das variações dimensionais da madeira é essencial para sua utilização industrial, tanto na construção civil como na confecção de móveis. As relações existentes entre massa específica, umidade, retratibilidade e expansão da madeira, são de fundamental importância para sua correta utilização (REZENDE; SAGLIETTI; GUERRINI, 1995).

As propriedades mecânicas se referem à forma como os materiais reagem aos esforços externos, com deformação ou ruptura (AGOSTINI, 2005). Vários fatores podem afetar as propriedades mecânicas da madeira. O comportamento dimensional e a resistência a esforços mecânicos da madeira, além da dependência da quantidade de material celulósico na parede celular,

relacionam-se com as proporções e arranjos dos seus componentes estruturais anatômicos e aos elementos não-estruturais, como extrativos e água (WANGAARD, 1950; PANSIN; DE ZEEUW, 1980).

Sendo assim, é necessário conhecer as propriedades físicas e mecânicas da madeira para sua correta utilização. Este capítulo teve como objetivo determinar as propriedades físicas e mecânicas das madeiras de duas espécies de mogno africano (*Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 DESCRIÇÃO DO MATERIAL

O material estudado foi procedente das espécies *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*, com idade de 19 anos, proveniente de parcelas experimentais implantadas nas áreas da Reserva Natural Vale, localizada no município de Sooretama, norte do estado do Espírito Santo. A Reserva está situada na latitude 19° 18' de latitude S e longitude 40° 19' W. Os solos são classificados como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico coeso e Podzólico, textura argilosa fase florestal subperenifólia. O clima da região é do tipo tropical úmido, com precipitação pluviométrica média anual de 1.202 mm, temperatura média máxima de 25,2 °C e mínima de 19,1 °C, umidade relativa de 84,3 %, com 2.037 horas/ano de insolação e altitude que varia de 28 a 65 m (JESUS, 2001).

Foram coletadas cinco árvores por espécie e retirados discos com aproximadamente 2,5 cm de espessura no diâmetro a altura do peito (DAP) tomado a 1,30 m do solo e nas posições 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial, considerada a partir da inserção do primeiro galho de cada árvore, que foram utilizados para determinação da massa específica básica e retratibilidade. Cada tronco deu origem a cinco toras que posteriormente foram desdobradas e transformadas em tábuas com espessura e largura variáveis, além de um pranchão central, descartando a parte da medula. As tábuas foram utilizadas para realização dos ensaios mecânicos (Figura 1).

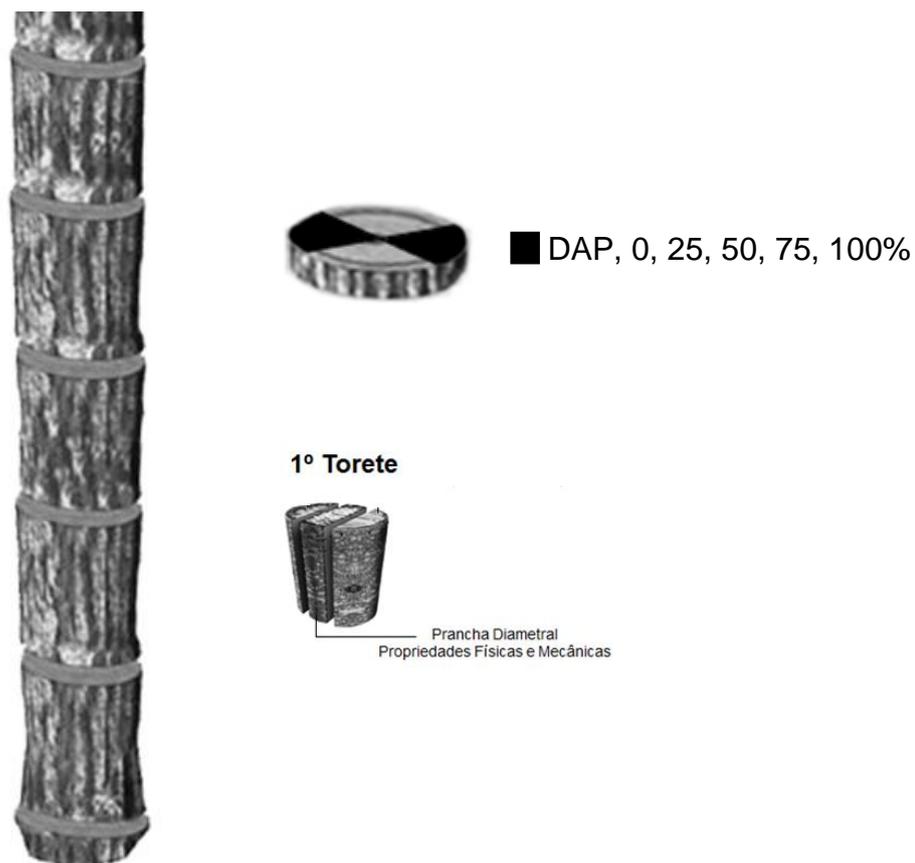


Figura 1 – Esquema de retirada das amostras

2.2 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA

Para determinar a massa específica básica foram utilizadas duas cunhas opostas dos discos retirados no DAP e nas posições 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial de cinco árvores de cada espécie. O ensaio foi realizado no Laboratório de Ciências e Tecnologia da Madeira, Jerônimo Monteiro, ES e a norma utilizada foi NBR 11941-02 (ABNT, 2003).

Os corpos de prova foram imersos em água até que estivessem saturados. O volume saturado das amostras foi determinado pelo método da balança hidrostática. Em seguida, as amostras foram secas em estufa a 103 ± 2 °C até massa constante, sendo determinada a massa específica básica das

mesmas ao utilizar a relação entre a massa seca da amostra e o volume saturado.

2.3 DETERMINAÇÃO DA RETRATIBILIDADE

Para obtenção da retratibilidade das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* foram retiradas amostras orientadas nos sentidos axial, radial e tangencial, com dimensões nominais de 2 x 2 x 3 cm, sendo a última medida na direção das fibras. Foram utilizadas 20 amostras para cada espécie, obtidas aleatoriamente ao longo do tronco. O ensaio foi realizado de acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 6230 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1982). Os ensaios foram realizados no Laboratório de Ciências e Tecnologia da Madeira, Jerônimo Monteiro, ES.

Para determinar as contrações volumétrica e lineares totais, as amostras verdes foram secas ao ar livre, até atingirem a umidade de equilíbrio e pesadas, medidas e dispostas em estufa para secagem a 103 ± 2 °C.

As medidas nos sentidos radial e tangencial foram obtidas com o uso de um micrômetro digital, com precisão de 0,001mm e para sentido longitudinal, direção das fibras, foi utilizado um paquímetro digital, com precisão de 0,01mm. Após completa secagem das amostras na estufa a 103 ± 2 °C, fez-se novamente as medições nas direções axial, radial e tangencial e finalmente foram determinados contrações e o fator anisotrópico para as madeiras das duas espécies.

2.4 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS

As propriedades mecânicas determinadas foram módulo de elasticidade – MOE e módulo de ruptura – MOR à flexão estática, resistência à compressão paralela às fibras, ao cisalhamento e dureza Janka. Os ensaios foram realizados de acordo com a *American Society for Testing and Materials* -

ASTM D - 143 (2005), em amostras retiradas do pranchão central, ao ser descartada a medula. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Ciências e Tecnologia da Madeira, Jerônimo Monteiro, ES.

Os ensaios de resistência mecânica foram realizados em máquina universal de ensaio com capacidade de 10 ton, com sistema de aquisição de dados automatizado. Após a realização dos ensaios, as amostras foram pesadas para a determinação da umidade no momento do ensaio, para o ajuste dos resultados ao padrão de 12%, de acordo com a NBR 7190 da ABNT (1997), (Equação 1).

$$f_{12\%} = f_{U\%} \left[1 + \frac{3(U\% - 12)}{100} \right] \quad (1)$$

em que:

$f_{12\%}$ = Valor da resistência à 12% de umidade;

$f_{U\%}$ = Valor da resistência encontrada na umidade ensaiado; e

$U\%$ = Umidade do corpo de prova no momento do ensaio.

Para a classificação mecânica das espécies estudadas foi utilizada a metodologia desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (2011), de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação da madeira conforme as propriedades mecânicas classificadas de acordo com o IBAMA.

Propriedades (MPa)	Baixo	Médio	Alto
Módulo de Ruptura (MOR)	< 64,9	64,9 – 68,3	> 68,3
Módulo de Elasticidade (MOE)	< 9.414,3	9.414,3 – 12.846	> 12.846
Compressão Axial	< 29,22	29,22 – 48,24	> 48,24
Cisalhamento	< 7,6	7,6 – 11,47	> 11,47
Dureza Paralela às Fibras	< 35,69	35,7 – 78,6	> 78,64

FONTE: IBAMA (2011)

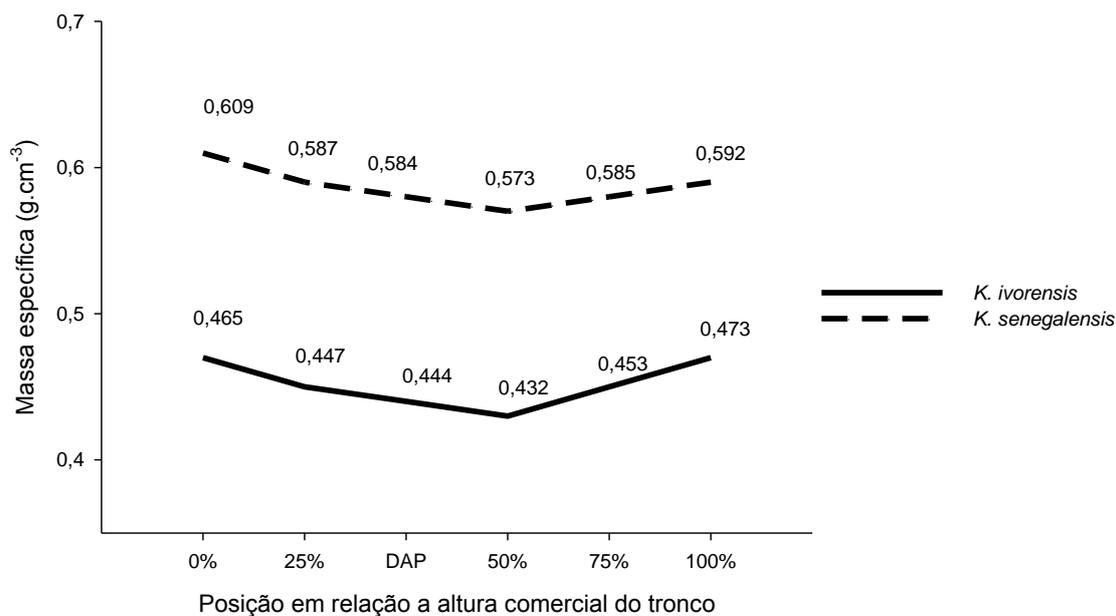
Para análise dos resultados foi utilizada estatística descritiva, por meio de média, desvio padrão e coeficiente de variação. Foi utilizado o Teste F para a comparação entre as médias à 95% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 MASSA ESPECÍFICA BÁSICA

Os resultados da variação da massa específica básica ao longo do fuste das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*, podem ser observados na Figura 1. Os valores evidenciaram variações no sentido longitudinal do tronco, indicadas pelas diferentes porcentagens da altura comercial das árvores estudadas.

Figura 1 – Variação da massa específica básica ao longo do fuste para as madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* aos 19 anos de idade.



FONTE: o autor.

As massas específicas básicas médias obtidas para as madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* foram de 0,491 e 0,588 g.cm⁻³, respectivamente. Houve diferença estatística entre a massa específica das madeiras de ambas as espécies de mogno africano. As espécies possuem comportamento semelhante, sendo a massa específica decrescente da base para a posição de 50% da altura comercial e, posteriormente, crescente deste

ponto até 100% da altura da altura comercial. Mesmo as duas espécies possuindo a mesma tendência de variação da massa específica no sentido base topo, a madeira de *Khaya ivorensis* possui maior incremento da densidade do DAP a posição de 100%, sendo o aumento desta madeira de 8%, enquanto que a *Khaya senegalensis* foi de 3%.

A madeira de *Khaya ivorensis* possui madeira com menor massa específica, sendo mais indicada para usos que não requerem alta resistência mecânica, como produção de móveis, compensados e acabamento superficial em construção civil. Para madeira de *Khaya senegalensis* observou-se que a mesma produziu madeira de maior massa específica, portanto, mais adequada para usos que requerem maior resistência mecânica das peças.

Marques, Melo e Martins (1997) classificaram a madeira de *Khaya ivorensis* conforme sua massa específica básica, como: leve, massa específica básica menor que $0,500 \text{ g.cm}^{-3}$; média, quando situa-se entre $0,500$ e $0,720 \text{ g.cm}^{-3}$; e pesadas, quando encontra-se acima de $0,720 \text{ g.cm}^{-3}$. De acordo com a classificação, a madeira de *Khaya ivorensis* enquadra-se na classe de madeira de baixa densidade e a de *Khaya senegalensis* na de madeira de média densidade.

Lemmens (2008), ao estudar as propriedades tecnológicas da madeira de *Khaya ivorensis* nativas de florestas naturais da República dos Camarões e de Angola encontrou massa específica básica de $0,480 \text{ g.cm}^{-3}$. Carvalho, Silva e Latorraca (2010) ao caracterizarem as propriedades físicas da madeira de *Khaya ivorensis*, com 10 anos de idade, plantada em Seropédica, RJ, encontraram valores de massa específica de $0,470 \text{ g.cm}^{-3}$. Estes valores são semelhantes aos obtidos neste estudo.

Zbonak et al. (2004) para a madeira de *Khaya senegalensis* com 18 anos de idade, provenientes de Queensland, Austrália, encontraram valores para massa específica básica de $0,670 \text{ g.cm}^{-3}$. Armstrong et al. (2004) ao pesquisarem a qualidade da madeira de 38 árvores de *Khaya senegalensis*, com 36 anos, provenientes de Brisbane, Austrália, encontraram valores de massa específica básica de $0,630 \text{ g.cm}^{-3}$. Ambos os valores são superiores ao deste estudo, provavelmente em consequência da qualidade do sítio e da idade das plantas estudadas.

3.2 RETRATIBILIDADE DAS MADEIRAS

A média aritmética, o coeficiente de variação (CV%) e os valores máximos e mínimos para a retratibilidade das madeiras de mogno africano, podem ser observados na Tabela 2. No Apêndice B, Tabela 1B verifica-se o quadrado médio das análises de variância para a retratibilidade das madeiras estudadas.

Tabela 2 – Valores médios de retratibilidade das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* (19 anos)

Retratibilidade	<i>Khaya ivorensis</i>	<i>Khaya senegalensis</i>
	(3,73) (2,91)	(3,73) (2,14)
Radial (%)	3,39 ^a	3,11 ^b
	(7,74)	(9,80)
	(5,91) (5,12)	(6,08) (5,41)
Tangencial (%)	5,58 ^a	5,57 ^a
	(3,99)	(2,50)
	(0,69) (0,033)	(0,94) (0,33)
Longitudinal (%)	0,21 ^a	0,30 ^a
	(82,53)	(77,69)
	(10,75) (8,93)	(10,21) (8,28)
Volumétrica (%)	9,18 ^a	8,98 ^b
	(4,86)	(4,15)
	(1,93) (1,51)	(2,56) (1,46)
Fator Anisotrópico	1,65 ^b	1,79 ^a
	(6,64)	(11,74)

* Valores entre parênteses são máximo e mínimo respectivamente e coeficiente de variação (%).

** Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Teste F; p > 0,05).

De acordo com a Tabela 2, a madeira de *Khaya ivorensis* não diferiu estatisticamente da madeira de *Khaya senegalensis* na contração longitudinal e contração tangencial.

Segundo a classificação quanto ao fator anisotrópico, citada por Durlo e Marchiori (1992) e Logsdon e Penna (2005), madeiras com fatores entre 1,2 a 1,5 são consideradas excelentes, indicadas para a fabricação de móveis finos, esquadrias, barcos e aparelhos musicais. Fatores entre 1,5 a 2,0 são consideradas normais, indicadas para a produção de produtos que permitam pequenos empenamentos. Fatores acima de 2,0 as madeiras são consideradas ruins, mais indicadas construção civil, levando em consideração características mecânicas, carvão e lenha. Ambas as espécies de mogno africano estudadas podem ser consideradas madeiras com fator anisotrópico normal, indicadas para a produção de produtos que não requerem alta qualidade da madeira e que permitam pequenos empenamentos, como estantes, mesas e armários.

Os valores médios de contração radial, tangencial e fator anisotrópico, 3,7%, 5,5% e 1,5, respectivamente para a madeira de *Khaya ivorensis* e valores médios de contração radial (4,5%), tangencial (2,5%) e fator anisotrópico (1,8) *Khaya senegalensis* provenientes de floresta nativa (FPL, 2010; CIRAD, 2012), são semelhantes aos resultados encontrados por este estudo.

No entanto, Carvalho, Silva e Latorraca (2010) obtiveram contração volumétrica de 16,8% para a madeira de *Khaya ivorensis*, com 10 anos proveniente de uma parcela experimental em Seropédica, foi superior ao deste estudo, isto pode ter ocorrido em função da densidade, pois quanto maior esta propriedade maiores são os valores de contração.

Por outro lado, os valores de contração radial, tangencial e longitudinal, 1,8%, 2,5% e 0,3%, respectivamente, encontrados por Armstrong et al. (2004) para a madeira de *Khaya senegalensis* (38 anos), proveniente de plantio no Território Norte, Austrália, foram inferiores aos valores encontrados por este estudo. Este resultado pode ser explicado em função da idade da madeira, pois a quantidade de lenho adulto confere uma madeira com maior estabilidade.

3.4 PROPRIEDADES MECÂNICAS DAS MADEIRAS

Os valores médios das propriedades mecânicas determinadas para as madeiras de mogno africano, provenientes da Reserva Natural Vale estão na Tabela 3. No Apêndice B, Tabela 5B encontra-se o quadrado médio das análises de variância das propriedades mecânicas das madeiras de mogno africano.

Tabela 3 – Propriedades mecânicas das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*

Propriedades (MPa)		<i>Khaya ivorensis</i>	<i>Khaya senegalensis</i>
Flexão	MOR	(90,03) (59,67) 78,4^a (12,49)	(106,21) (74,30) 83,2^a (10,39)
	MOE	(10.824,77) (8.204,76) 9.577,9^a (7,91)	(12.893,20) (8.411,61) 10.169,7^a (15,01)
Compressão Axial	Tensão Máxima	(46,78) (38,54) 43,1^b (5,41)	(50,11) (33,44) 46,4^a (9,33)
Cisalhamento	Tensão Máxima	(14,61) (9,51) 12,6^b (13,95)	(23,83) (13,34) 18,6^a (15,08)
Dureza Janka	Tangencial	(40,40) (24,61) 32,4^b (16,00)	(77,77) (44,91) 62,1^a (11,23)
	Radial	(48,74) (28,73) 36,8^b (14,69)	(83,26) (42,27) 59,4^a (12,63)

* Valores entre parênteses são máximo e mínimo, respectivamente, e coeficiente de variação (%).

** Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Teste F; $p > 0,05$).

Não houve diferença estatística para o módulo de elasticidade e módulo de ruptura à flexão estática. De acordo com os resultados obtidos pode-se observar na Tabela 3 que a de *Khaya senegalensis* possui maior

resistência mecânica comparada à madeira de *Khaya ivorensis*, essa diferença na resistência mecânica era esperada, em função da maior densidade desta espécie. Entre as propriedades mecânicas avaliadas, a maior diferença entre as espécies foi na resistência à dureza Janka tangencial, sendo a madeira de *Khaya senegalensis* 51,2% mais resistente que a madeira de *Khaya ivorensis*.

Segundo a classificação do IBAMA (2011), madeira de *Khaya ivorensis* possui alto módulo de ruptura, módulo de elasticidade média, resistência à compressão axial médio, resistência ao cisalhamento alta e dureza paralela às fibras média. A madeira de *Khaya senegalensis* possui alto módulo de ruptura, módulo de elasticidade médio, resistência à compressão axial média, resistência ao cisalhamento alta e alta resistência à dureza paralela às fibras.

Como se pode verificar, as duas espécies de mogno africano podem ser enquadradas nas mesmas classes para MOR, MOE, compressão axial e cisalhamento, no entanto, existe uma variação na resistência à dureza paralela às fibras. Grobério e Lahr (2002), no estudo de critérios para indicar os usos mais adequados para madeiras tropicais, apontaram a dureza como um parâmetro de grande importância para indicar o emprego de determinadas espécies em pisos. Sendo a madeira de *Khaya senegalensis* de maior dureza, podem ser indicada para produção de pisos, quando comparada à madeira de *Khaya ivorensis*.

Nascimento, Garcia e Diáz (1997) agruparam 87 espécies madeireiras da Amazônia em cinco grupos por meio de análise multivariada, em decorrência da massa específica básica e de cinco propriedades mecânicas; módulo de elasticidade, módulo de ruptura, compressão paralela às fibras, compressão perpendicular às fibras e cisalhamento. De acordo com o agrupamento, a madeira de *Khaya ivorensis* foi classificada pertencente ao grupo 1, ou seja, mais indicada para construção leve e molduras, acabamentos e divisórias, móveis de utilidade e compensado. A madeira de *Khaya senegalensis* se enquadra no grupo 2, mais indicada para produção de assoalho, construção leve e embarcações.

Os valores médios de resistência mecânica da madeira de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* obtidas estão dentro da faixa de valores encontrados na literatura de madeiras provenientes de florestas nativas da África, no entanto, a madeira de *Khaya ivorensis* possui resistência à dureza

superior aos valores encontrados na literatura (FPL, 2010; THE WOOD DATABASE, 2012).

Os valores médios de resistência mecânica das duas espécies de mogno africano estudadas foram comparados com algumas espécies utilizadas em plantios comerciais: *Tectona grandis* (teca), *Toona ciliata* (cedro australiano) e *Eucalyptus urophylla* (eucalipto). Os valores médios de resistência mecânica da madeira de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* possuem resistência inferior à compressão, MOR e MOE e maior resistência a dureza tangencial e radial em relação à madeira de teca (MOTTA, 2011; NASSUR, 2010; LOBÃO et al., 2004).

Comparando estes valores a madeira de cedro australiano, madeira pertencente à mesma família das madeiras estudadas, as madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* possuem resistência mecânica superior a madeira de *Toona ciliata*. Em relação à madeira de eucalipto, as madeiras de mogno africano estudadas possuem resistência mecânica inferior.

De acordo com os dados do Mainaire e Chimelo (1989) os valores médios encontrados para *Swietenia macrophylla* foram modulo de ruptura 90,6 Mpa, modulo de elasticidade 9.110 MPa, compressão paralela de 10,9 MPa, cisalhamento 10,9 MPa, e dureza Janka de 49,4 MPa. Comparando estes valores com os encontrados para as madeiras de mogno africano, a *Khaya ivorensis* obteve menor valor médio de resistência à dureza Janka e o modulo de ruptura das duas espécies foi inferior ao encontrado para a madeira de *Swietenia macrophylla*.

4 CONCLUSÕES

As madeiras de mogno africano estudadas possuem massa específica básica entre baixa e média, em que a massa específica básica de *Khaya ivorensis* foi de $0,491 \text{ g.cm}^{-3}$ e de *Khaya senegalensis* foi de $0,588 \text{ g.cm}^{-3}$. A estabilidade dimensional foi mediana para as duas espécies, 1,65 para *Khaya ivorensis* e 1,79 para *Khaya senegalensis*, com baixos valores de contração volumétrica.

A madeira de *Khaya senegalensis* possui maiores valores para as propriedades mecânicas avaliadas quando comparada à madeira de *Khaya ivorensis*.

Em decorrência das propriedades exibidas, a madeira de *Khaya ivorensis* é mais indicada para construção leve, molduras, acabamentos e divisórias, móveis de utilidade e compensado. Já a madeira de *Khaya senegalensis* é mais indicada para produção de assoalho, construção leve e embarcações.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11941-02 - Determinação da densidade básica em madeira**. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Projetos de estruturas de madeira – NBR 7190**. Rio de Janeiro: 1997. 107p.

AGOSTINI, B. M. **Determinação das propriedades mecânicas da madeira**. Laboratório de Resistência dos Materiais. 20 p. 2005.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D – 143: standard methods of testing small clear specimens timber**. Philadelphia, 2005.

ARAÚJO, H. J. B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. **Floresta**, v. 37, n. 3, 2007.

ARMSTRONG, M.; LELIEVRE, T.; REILLY, D.; ROBERTSON, B. **Evaluation of the wood quality and utilization potential of plantation grown *Khaya senegalensis* (African mahogany)**. Department of primary industries and fisheries, Mareeba, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6230: ensaios físicos e mecânicos de madeiras**. Rio de Janeiro, 1982.

CARVALHO, A. M.; SILVA, B. T. B.; LATORRACA, J. V. F. Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). **Cerne**, v. 16, Suplemento, p. 106-114, 2010.

CENTRE DE COOPERATION INTERNATIONALE EN RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT-DÉPARTEMENT FORÊT – CIRAD. **AcajouD’Afrique**. Les principales caractéristiques technologiques de 245 essences forestières tropicales, France, 2012. Disponível em <http://tropix.cirad.fr/africa/ACAJOU_D_AFRIQUE.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2013.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnologia da madeira: retratibilidade**. Santa Maria, CEPEF/FATEC: 33, 1992.

FOREST PRODUCT LABORATORY – USDA FOREST SERVICE. **Wood technology transfer fact sheet – *Khaya senegalensis***. Tropical Timbers of the World. Research and Development: Forest Products Laboratory, Madison. 2010. Disponível em: <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/TechSheets/Chudnoff/African/htmlDocs_afri ca/khayagrandi.html>. Acesso em 24 abr. 2013.

FOREST PRODUCT LABORATORY – USDA FOREST SERVICE. **Wood Technology Transfer Fact Sheet – *Khayaivorensis***. Tropical Timbers of the

World. Research and Development: Forest Products Laboratory, Madison. 2010. Disponível em: <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/TechSheets/Chudnoff/African/htmlDocs_afri ca/khayaivor.html>. Acesso em 24 abr. 2014.

GROBÉRIO, M. P.; LAHR, F. A. R. Indicações para o emprego da madeira de espécies tropicais do Brasil. **Madeira: Arquitetura e Engenharia**, v.8, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Banco de dados de madeiras brasileiras**. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/resultado.php?idioma=portugues>>. Acesso em 28 out. 2011.

JESUS, R. M. **Manejo florestal: impactos da exploração na estrutura da floresta e sua sustentabilidade econômica**. 2001. 244p. Tese (Doutorado em Ecologia), Universidade de Campinas, 2001.

LEMMENS, R. H. M. J. *Khaya ivorensis* A.Chev. In: LOUPPE, D., OTENG-AMOAKO, A.A.; BRINK, M. **Prota 7(1): Timbers/Bois d'œuvre 1**. PROTA, Wageningen, Netherlands, 2008.

LOBÃO, M. S.; DELLA LÚCIA, R. M.; MOREIRA, M. S. S.; GOMES, A. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades, **Revista Árvore**, v.28, n.6, p.889-894, 2004.

LOGSDON, N.B.; PENNA, J.E. Análise comparativa entre os coeficientes de anisotropia dimensional da madeira, no inchamento e na retração. **Agricultura Tropical**, v.8, n.1, 2004.

MAINIEIRI, C.; CHIMELO, J. P. Fichas de características das madeiras brasileiras. São Paulo: IPT, 1989. 418 p.

MARQUES, M. H. B.; MELO, J. E.; MARTINS, V. A. **Madeiras da Amazônia: características e utilização**. Brasília, IBAMA, 1997.

MOTTA, J. P. **Propriedades tecnológicas da madeira de *Tectona grandis* L.f. proveniente do Vale do Rio Doce, Minas Gerais**. 2011. 125 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.

NASCIMENTO, C. C.; GARCIA, J. N.; DIÁZ, M. P. Agrupamento de espécies madeireiras da Amazônia em função da densidade e propriedades mecânicas. **Madera y Bosques**, v. 3, n. 1, p. 33-52, 1997.

NASSUR, O. A. C. **Variabilidade das propriedades tecnológicas da madeira de *Toona ciliata* M. Roem. com dezoito anos de idade**. 2010. 83p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira), Universidade Federal de Lavras, 2010.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4. ed., New York: Mcgraw-Hill, 1980. v.1. 705 p.

RECHE, K. V. G. **Estudos fitoquímicos da madeira nobre *Khaya ivorensis* (melliaceae) resistente a *Hypsipyla grandella*, visando entender um problema recente: ataque por fungo**. 2007. 90p. Doutorado (Ciências Exatas e da Terra), Universidade Federal de São Carlos, 2007.

REZENDE, A. M.; SAGLIETTI, J. R. C.; GUERRINI, I. A. Estudo das interrelações entre densidade, retratibilidade e umidade da madeira do *Pinus caribaea* Var. *Hondurensis* aos 8 anos de idade. **IPEF**, n. 48/49, p. 133-141, 1995.

STURION, J. A.; PEREIRA, J. C. D.; ALBINO, J. C.; MORITA, M. Variação da densidade básica da madeira de doze espécies de *Eucalyptus* plantadas em Uberaba, MG. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 14, p.28-38, jun. 1987.

THE WOOD DATABASE. **African mahogany**. Disponível em: <<http://www.wood-database.com/lumber-identification/hardwoods/african-mahogany>>. Acesso em 31 out. 2013.

WANGAARD, F. F. **The mechanical properties of wood**. New York: J. Wiley, 1950. 377 p.

ZBONAK, A.; BROWN, T.; HARDING, K.; INNES, T.; DAVIES, M. **Wood properties and processing outcomes for plantation grown African mahogany (*Khaya senegalensis*) trees from Clare, Queensland (18 and 20-year-old) and Katherine, Northern Territory (14-year-old)**. Department of Employment, Economic, Development and Innovation, Brisbane, 2004.

CAPÍTULO III

DURABILIDADE NATURAL DAS MADEIRAS DE MOGNO AFRICANO (*Khaya ivorensis* E *Khaya senegalensis*)

RESUMO

Durabilidade natural das madeiras de mogno africano (*Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*)

O objetivo do trabalho foi quantificar o teor de extrativos e avaliar a durabilidade natural das madeiras de mogno africano a organismos xilófagos (fungos e cupins) em condições de laboratório. As árvores empregadas possuíam 19 anos de idade e foram provenientes de uma parcela experimental da Reserva Natural Vale, localizada no município de Sooretama, Espírito Santo. Foi determinado o teor de extrativos das duas espécies em três tipos de solubilidade, água quente, água fria e etanol:tolueno. Para a determinação da resistência natural das madeiras estudadas a agentes xilófagos foram realizados ensaios de apodrecimento acelerado com os fungos *Postia placenta* e *Trametes versicolor*, ensaios com fungos de podridão mole e de alimentação forçada e preferência alimentar com cupins subterrâneos do gênero *Nasutitermes* sp. e cupim de madeira seca do gênero *Cryptotermes*. Para os ensaios, corpos de prova foram retirados em quatro posições radiais do tronco, sendo: cerne interno; próximo da medula, cerne intermediário, cerne externo e alburno retirados da segunda tora e submetidos à ação dos fungos por treze semanas e cupins de solo, preferência alimentar e madeira seca por 45 dias e alimentação forçada por 28 dias. A madeira de *Khaya senegalensis* possuiu maiores valores médios de extrativos superiores para todas as solubilidades analisadas. Constatou-se que a madeira de *Khaya senegalensis* foi mais resistente aos fungos de podridão parda e mole, cupins de madeira seca, cupins de solo. A madeira de *Khaya ivorensis* possui maior resistência ao ataque de fungos de podridão branca (*Trametes versicolor*).

Palavras-chave: Fungos apodrecedores. Cupins. Ensaio biológicos.

ABSTRACT

Natural durability of African mahogany (*Khaya ivorensis* and *Khaya senegalensis*)

The objective was to quantify the amount of extractives and evaluate the natural durability of wood of the African mahogany wood decay organisms (fungi and termites) under laboratory conditions. The trees had employed 19 years old , and came from an experimental plot of the Vale Nature Reserve , located in the municipality of Sooretama, Espírito Santo. The extractives content of the two species was determined in three types of solubility, hot water, cold water and ethanol:toluene. To determine the natural resistance of wood to wood decay agents studied trials with accelerated rot fungi *Postia placenta* and *Trametes versicolor*, trials with soft rot fungi, forced feeding and feeding preference subterranean termites of the genus termite and were performed dry wood of the genus. For this, samples were taken at four radial positions of the trunk, inner heartwood near the medulla, intermediate core, outer heartwood and sapwood removed the second log and submitted to fungi for thirteen weeks and subterranean termite food preference and wood and dried for 45 days gavage for 28 days. The *Khaya senegalensis* possessed higher mean values for all extractives solubilities analyzed. It was found that the wood of *Khaya senegalensis* was more resistant to fungi and soft brown rot, termites and dry wood termites soil and groundwater. The timber of *Khaya ivorensis* is more resistant to attack by white rot fungi (*Trametes versicolor*).

Key words: Decay fungi. Wood-destroying termites. Biological assays.

1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material renovável, para determinados usos a madeira possui qualidade superior quando comparada a outros materiais, como o concreto e aço, amplamente utilizada para a produção de móveis, construção civil, embarcações, moirões em cercas, postes de redes telefônicas e elétricas, dormentes ferroviários e para a produção de energia. No entanto, por ser um material de origem orgânica está sujeita a biodeterioração, que consiste em uma alteração indesejável nas propriedades do material.

De acordo com Teixeira, Costa e Santana (1997) toda madeira é suscetível ao ataque de organismos xilófagos e, dependendo das condições ambientais, sofrerá uma maior ou menor deterioração.

O processo de deterioração da madeira depende de inúmeros fatores. Cavalcante (1985) afirmou que a resistência natural da madeira pode ser afetada pela umidade, insolação, aeração, temperatura, com estes fatores possuindo atuação direta na madeira, determinando sua durabilidade. A ausência dessas condições limita o desenvolvimento de grande parte dos organismos xilófagos na madeira. Esta resistência também poderá ser afetada por fatores internos, como quantidade e tipo de extrativos, alborno e cerne, geralmente sendo o alborno menos resistente.

Segundo Paes (2002), a propriedade que faz a madeira resistir ao ataque de agentes deterioradores sem tratamento preservativo, denomina-se resistência natural. A resistência da madeira à deterioração é a capacidade inerente à espécie de resistir à ação de agentes deterioradores, incluindo os agentes biológicos, físicos e químicos.

A resistência à deterioração biológica tem sido atribuída principalmente, à presença de certas substâncias presentes no lenho, tais como taninos e substâncias fenólicas complexas, que são tóxicas aos organismos xilófagos (HUNT; GARRATT, 1967; FINDLAY, 1985; LELLES; REZENDE, 1986).

Os fungos e os térmitas (cupins) são os maiores responsáveis pelos danos causados na madeira (MILANO; LOPEZ, 1986). Assim, o conhecimento da resistência natural da madeira é de grande importância para maior

conhecimento do material, na recomendação de sua utilização, bem como para evitar gastos desnecessários com a reposição de peças deterioradas (PAES; MORAIS; LIMA, 2002).

Com o presente capítulo, objetivou-se quantificar teor de extrativos e avaliar a durabilidade natural da madeira de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 DESCRIÇÃO DO MATERIAL

O material estudado foi procedente das espécies *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* com idade de 19 anos, proveniente de parcelas experimentais plantadas nas áreas da Reserva Natural Vale, localizada no município de Sooretama, ao norte do Estado do Espírito Santo. Foram utilizadas cinco árvores de cada espécie. A Reserva Natural Vale está situada na latitude 19° 18' S e longitude 40° 19' W. Os solos são classificados como sendo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico coeso e Podzólico, textura argilosa fase florestal subperenifólia. O clima do local é do tipo tropical úmido, com precipitação pluviométrica média anual de 1.202 mm, temperatura média máxima de 25,2 °C e mínima de 19,1 °C, umidade relativa de 84,3 %, com 2.037 horas.ano⁻¹ de insolação, a uma altitude que varia de 28 a 65 m (JESUS, 2001).

Na pesquisa foram obtidas, cinco árvores de cada espécie e retirados discos com aproximadamente 2,5 cm de espessura no diâmetro a altura do peito (DAP) e toras de aproximadamente 3,0 m de comprimento, que foram transformadas em pranchões com 8,0 cm de espessura.

Para análise química foram utilizadas cunhas dos discos do DAP e das toras obtidas foram retiradas pranchas diametrais centrais a partir da segunda tora das espécies estudadas, com cerne e o alburno intactos. Essas peças foram subdivididas em quatro partes e identificadas conforme sua posição em relação à medula (CM – cerne interno próximo à medula; CI – cerne intermediário; CE – cerne externo; A – alburno).

2.2 TEOR DE EXTRATIVOS

Para a quantificação dos extrativos, realizou-se uma amostragem composta dos discos obtidos do DAP de cada árvore. A madeira foi triturada em um moinho tipo Willey e peneirada, para utilização do material que passou pela peneira de 40 “mesh” e ficou retido na de 60 “mesh”. Foram cinco amostras com 2g secos de serragem de cada espécie para cada tipo diferente de solventes, etanol:tolueno (1:2), água fria e água quente. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Química da Madeira, Jerônimo Monteiro, ES.

A quantificação dos extrativos foi realizada conforme especificações da Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel – ABTCP M/68 (1968) e Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI – T204-05-76, 1998).

2.3 DURABILIDADE NATURAL DA MADEIRA

Para determinar a resistência natural das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* a organismos xilófagos foram realizados ensaios com fungos de podridão branca, parda e mole, cupins de madeira seca e subterrâneo, em ensaio de preferência alimentar e alimentação forçada, realizados no laboratório de Biodeterioração e Preservação da Madeira, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES.

2.3.1 Ensaio de apodrecimento em laboratório

Para execução deste ensaio foi utilizada a norma da *American Society for Testing and Materials* - ASTM D – 2017 (2006a). Para os ensaios de

podridão parda e branca foram utilizado culturas puras dos fungos *Postia placenta* e *Trametes versicolor*, respectivamente.

Frascos de vidro de 600 mL, foram preenchidos com 350 g de solo peneirado em peneira de 0,4 x 0,4mm seco ao ar, com pH e capacidade de retenção de água de acordo com a norma. Após o preenchimento, foram adicionados 110 mL de água destilada para umedecimento do solo, e adicionados dois alimentadores de madeira de *Pinus* sp., os quais foram esterilizados em estufa a uma temperatura de $121 \pm 2^\circ\text{C}$, por 30 minutos.

Após a esterilização dos frascos e do seu resfriamento, fragmentos obtidos de culturas puras dos fungos citados, foram inoculados sobre os alimentadores. Após o desenvolvimento e colonização do solo pelo fungo (ASTM D-2017, 2006b), foram adicionados os corpos de prova, que tiveram suas faces lixadas para eliminar defeitos e secos em estufa à temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$, por 48 horas e posteriormente pesados. Foram utilizadas quatro repetições para cada posição. Os frascos foram mantidos por 13 semanas em sala climatizada ($27 \pm 2^\circ\text{C}$ e $65 \pm 5\%$ de umidade relativa).

A resistência natural da madeira ao ataque dos fungos foi realizada por meio da perda de massa e classificada de acordo com as classes de resistência normatizadas pela ASTM D – 2017 (2006a), observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Classe de resistência a fungos xilófagos

Classe de Resistência	Perda de Massa (%)	Massa Residual (%)
Muito Resistente (MR)	0-10	90-100
Resistente (R)	11-24	79-89
Resistência Moderada (RM)	25-44	56-75
Não-resistente (NR)	>45	>55

Fonte: ASTM D – 2017 (2006a).

2.3.2 Resistência natural da madeira a fungos de podridão-mole

Para a avaliação da resistência natural das madeiras de *Khaya* sp. foram seguidas as recomendações do método desenvolvido no Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo – IPT/DIMAD D-5 (1980a). A técnica preconiza que as amostras de madeira sejam submetidas à ação da microflora natural existente em solos orgânicos. Conforme as recomendações, os corpos de prova foram soterrados em solo orgânico com pH de 6,8 e capacidade de retenção de água de 27%, retirado em mata nativa, no município de Jerônimo Monteiro, ES.

Utilizaram-se frascos de vidro de 600 mL, preenchidos com 350 g de solo. O solo teve sua umidade ajustada para de 80% da capacidade de retenção de água pela adição 80 mL de água destilada. Aos frascos, assim preparados, foram adicionadas quatro amostras das espécies estudadas, uma amostra de cada posição radial, que permaneceram por 120 dias em sala climatizada com 27 ± 1 °C e $75 \pm 5\%$ de umidade relativa.

O teste preconiza que sejam utilizadas 10 amostras por tratamento; seis foram soterradas em solo ao natural e quatro em solo esterilizado. Segundo as recomendações, o solo foi esterilizado em uma autoclave à temperatura de 120 ± 1 °C durante uma hora.

Ao término do ensaio, os frascos foram abertos e os corpos de prova limpos, para remover o micélio dos fungos, e conduzidos à estufa, mantida nas mesmas condições anteriores até atingir massa constante e, posteriormente, pesados para avaliação da perda de massa. A avaliação do ensaio foi com base na perda de massa, sendo esta corrigida em função das amostras soterradas em solo esterilizado.

2.3.3 Ensaio com cupins de madeira seca

O trabalho foi realizado com base no método desenvolvido no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT/DIMAD D-2 (1980b).

Foram utilizadas dez repetições de cada posição, com 2,3 x 0,6 x 7,0 cm, sendo a maior dimensão correspondente ao sentido longitudinal, paralela à grã da madeira. As amostras foram unidas em pares com fita adesiva. Na posição central de cada par de amostras foi fixada com parafina uma manga de vidro de 3,5 cm de diâmetro interno e 4,0 cm de altura.

Cada amostra foi colocada em contato com 40 cupins da espécie *Cryptotermes brevis*, família Kalotermitidae, na razão de 39 operários para um soldado.

As amostras foram acondicionadas em sala climatizada com as condições indicadas pelo método, sendo a observação realizada periodicamente e com a finalização após 45 dias.

Ao término do ensaio foi registrada a mortalidade dos cupins, número de orifícios e foram atribuídas notas para classificar o desgaste produzido nas amostras. As notas utilizadas podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Notas atribuídas ao dano causado pelos cupins de madeira seca

Nota	Classificação
0	Nenhum desgaste
1	Desgaste superficial
2	Desgaste moderado
3	Desgaste acentuado
4	Desgaste profundo

FONTE: IPT/DIMAD D-2 (1980b)

2.3.4 Ensaios de Cupins Subterrâneos

2.3.4.1 Ensaio de Alimentação Forçada

Para o ensaio de alimentação forçada foram seguidas as recomendações da ASTM D – 3345 (2006b), com algumas modificações sugeridas por Paes (1997). Foram utilizados frascos de 600 mL, preenchidos

com 200 g de areia, previamente lavada e esterilizada a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ por 72 horas. Para cada frasco, foram adicionados um corpo de prova e $1 \pm 0,05$ g de cupins *Nasutitermes corniger* Motsch. Após a adição dos cupins, os frascos foram tampados com a tampa semi-rosqueada, para evitar a fuga dos cupins e permitir a circulação de ar.

Foram utilizadas dez repetições para cada uma das posições. O consumo das madeiras foi avaliado em função da perda de massa e do desgaste provocado na madeira pelos cupins. A avaliação do desgaste e a mortalidade foram classificados de acordo com ASTM 3345 (2006b), como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 – avaliação do desgaste e da mortalidade dos cupins

Tipo de Desgaste	Notas
Sadio, permitindo escarificações superficiais	10
Ataque superficial	9
Ataque moderado, havendo penetrações	7
Ataque intensivo	4
Falha, havendo ruptura dos corpos-de-prova	0
Mortalidade	(%)
Baixa	0 – 33
Moderada	34 – 66
Alta	67 – 99
Total	100

FONTE: ASTM 3345 (2006b)

2.3.4.2. Ensaio de preferência alimentar

Para execução do ensaio de preferência alimentar, seguiu-se a metodologia descrita por Supriana (1985) e Paes, Ramos e Coutinho (2006). Foram utilizados corpos de prova com $2,54 \times 0,64 \times 10,16$ cm (radial x tangencial x longitudinal). Os corpos de prova foram secos a temperatura de

103 ± 2 °C, até atingirem massa constante, pesados em uma balança de 0,01g de precisão. Os valores de massa seca foram utilizados no cálculo da perda de massa da madeira.

No ensaio de preferência alimentar, foi utilizado o cupim de solo *Nasutitermes* sp. Os corpos de prova foram dispostos em uma caixa d'água de 250L, que continha uma camada de aproximadamente 15 cm de areia úmida. As amostras foram distribuídas segundo um delineamento em blocos casualizados, contendo 10 repetições, quatro tratamentos (posições), totalizando 40 corpos de prova, para cada espécie estudada.

A colônia de cupins (Figura 1) foi coletada em Jerônimo Monteiro, ES, e disposta em uma grelha de 50 x 40 x 5 cm (comprimento x largura x espessura), apoiada em dois tijolos de quatro furos, postos sobre a camada de areia. Os corpos de prova ficaram expostos à ação dos cupins durante 45 dias, em um galpão. Após o ensaio, eles foram secos em estufa a 103 ± 2 °C e pesados, para avaliar a porcentagem de perda de massa e atribuição de notas para o desgaste causado pelo ataque dos cupins.

Figura 1 – Ensaio de preferencia alimentar: (a) ensaio montado em delineamento de blocos casualizados. (b) Colônia de cupins *Nasutitermes* sp. No ensaio de preferência alimentar;



(a)



(b)

FONTE: o autor.

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para análise dos resultados de teor de extrativos foi utilizada estatística descritiva, por meio de média, desvio padrão e coeficiente de variação. Foi utilizado o Teste F para a comparação entre as médias à 95% de probabilidade.

Os valores em porcentagem de perda de massa foram transformados em $\arcsen\sqrt{x/100}$ e os desgastes de (nota) em $\sqrt{x + 0,5}$ para permitir a homogeneidade das variâncias.

Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial A (2) x B (4) (A = espécie, B = posição). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância para comparação das médias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE DO TEOR DE EXTRATIVOS

Os valores médios para a solubilidade etanol:tolueno (2:1), em água fria e em água quente para a madeira de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* podem ser observados na Tabela 4. No Apêndice C, Tabela 6C verifica-se o resumo das análises de variância do teor de extrativos analisados.

Tabela 4 – Teor de extrativos das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* com 19 anos de idade.

Extrativos (%)	<i>Khaya ivorensis</i>	<i>Khaya senegalensis</i>
Etanol:tolueno	(9,3)(8,1)	(9,5)(8,5)
	8,6 ^a	9,0 ^a
Água quente	(4,5)	(4,4)
	(8,6)(7,0)	(8,7)(7,7)
Água fria	7,7 ^a	8,3 ^a
	(7,4)	(4,1)
Água fria	(5,4)(5,2)	(5,7)(5,5)
	5,3 ^b	5,6 ^a
	(1,1)	(1,4)

* Valores entre parênteses são máximo e mínimo, respectivamente, e coeficiente de variação.

** As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Teste F; $p > 0,05$).

De acordo com a Tabela 4, houve diferença estatística apenas para os extrativos em água fria para as espécies estudadas. Mesmo assim, entre as solubilidades analisadas a madeira de *K. senegalensis* possui maior teor de extrativos, sendo 4,4% maior teor de extrativos solúveis em etanol:tolueno, 7,2% a mais de extrativos solúveis em água quente e 5,3% a mais em extrativos solúveis em água fria.

A durabilidade natural das madeiras é conferida pelos seus componentes secundários, que na maioria das vezes estão presentes em pequenas proporções, mas podem, em algumas espécies, atingir valores elevados.

Oliveira e Della Lucia (1994) ao avaliarem o efeito da extração da madeira de seis espécies na resistência ao apodrecimento causado pelo fungo

da podridão parda *Gloeophyllum trabeum* em diferentes solventes, notaram que o cedro (*Cedrela fissilis*) apresentou 5,6% em etanol:tolueno, esta espécie pertence a mesma família das espécies de mogno africano estudadas, no entanto, possuiu uma quantidade menor de extrativos solúveis em etanol:tolueno quando comparada as duas espécies de mogno africano.

No entanto, de acordo com Oliveira et al. (2005) mais importante que a quantidade dessas substâncias secundárias é a sua qualidade, ou seja, o seu poder de atuação como agente biocida na madeira. De modo geral os componentes extraídos em água fria são substâncias como gomas, taninos, açúcares e corantes, enquanto água quente, além de extrair as substâncias citadas, extrai os amidos. A solução etanol:tolueno na proporção 1:2 solubiliza ceras gorduras, resinas e óleos.

Usher e Ocloo (1976) estudaram a resistência ao ataque de cupins e microrganismos de 85 espécies provenientes da África Ocidental e afirmaram que as madeiras do gênero *Khaya* possuem grandes quantidades de limonóides. Segundo Terezan et al. (2010) esse extrativo tem maior poder inseticida que fungicida.

Ndukwe, Okiui e Alo (2012) determinaram o percentual de lignina, celulose, hemicelulose e extrativos de 20 espécies provenientes da Forestry Research Institute of Nigerian (FRIN) para a madeira de *K. ivorensis* encontraram valores de 7,5% extraídos em etanol:tolueno. Em que estes valor foi semelhante ao encontrado por este estudo.

3.2 ENSAIO DE APODRECIMENTO EM LABORATÓRIO

Na Tabela 5 encontram-se os valores médios para a perda de massa em diferentes posições radiais das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* ao ataque de podridão parda (*Postia placenta*). No Apêndice C, Tabela 8C verifica-se o resumo das análises de variância para perda de massa das madeiras de mogno africano ao ataque do fungo de podridão parda.

Tabela 5 – Valores médios na posição radial para perda de massa (%) das madeiras de *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, com 19 anos de idade, ao ataque de fungo de podridão parda (*Postia placenta*)

Espécie	Perda de Massa (%)				Média
	CM	CI	CE	A	
<i>K. ivorensis</i>	(43,20)(22,10)	(51,90)(6,90)	(45,00)(0,50)	(46,50)(0,10)	28,18 ^a
	34,11 ^{Aa}	27,39 ^{Aa}	20,76 ^{Ba}	30,45 ^{Aa}	
	(20,11)	(44,78)	(88,75)	(51,34)	
<i>K. senegalensis</i>	(47,9)(10,45)	(45,77)(7,14)	(57,73)(2,70)	(38,28)(6,81)	28,86 ^a
	37,9 ^{Aa}	27,1 ^{Aa}	25,2 ^{Aa}	25,2 ^{Aa}	
	(22,93)	(35,70)	(59,06)	(31,93)	

* CM: cerne interno, próximo a medula; CI: cerne intermediário; CE: cerne externo; A: alburno.

** Valores entre parênteses são máximo e mínimo, respectivamente, e coeficiente de variação.

*** As médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na vertical, ou por uma mesma letra minúscula na horizontal, não diferem estatisticamente entre si (Tukey; $p > 0,05$).

Não houve diferença significativa para o ataque de fungos da podridão parda entre as espécies. Ambas as espécies possuem resistência moderada ao ataque do fungo da podridão parda, no entanto, a madeira de *Khaya ivorensis* possui 2,4% a menos de perda de massa quando comparada a madeira de *Khaya senegalensis* para este fungo.

Não houve diferença significativa nas posições radiais e também não houve diferença significativa entre as espécies. O cerne externo foi à posição com mais resistência ao fungo de podridão parda na madeira de *Khaya ivorensis*. Na madeira de *Khaya senegalensis* as posições do cerne externo e alburno, foram menos atacadas pelo fungo de podridão parda.

Comparado com as classes de resistência da madeira a fungos xilófagos na Tabela 1 a madeira de *Khaya ivorensis* possui resistência moderada nas posições do cerne interno e cerne intermediário; sendo o cerne externo e alburno classificados como resistentes. Já a madeira de *Khaya senegalensis* possui resistência moderada em todas as posições amostradas.

Na Tabela 6 encontram-se os valores médios para a perda de massa em diferentes posições radiais das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* ao ataque de podridão branca (*Trametes versicolor*). No Apêndice C, Tabela 7C verifica-se o resumo das análises de variância para perda de massa das madeiras de mogno africano ao ataque do fungo de podridão branca.

Tabela 6 – Valores médios na posição radial para perda de massa (%) das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*, com 19 anos, ao ataque de fungo de podridão branca (*Trametes versicolor*)

Espécie	Perda de Massa (%)				
	Posição Radial				
	CM	CI	CE	A	Média
<i>K. ivorensis</i>	(46,12)(0,77)	(43,31)(0,84)	(41,77)(3,10)	(63,10)(6,49)	
	30,78 ^{Aab}	28,63 ^{Aab}	18,93 ^{Ab}	34,72 ^{Ab}	28,27 ^a
	(39,38)	(39,25)	(54,77)	(50,56)	
<i>K. senegalensis</i>	(44,20)(15,45)	(38,59)(10,34)	(37,44)(3,16)	(43,95)(11,32)	
	32,11 ^{Aa}	21,81 ^{Ab}	18,11 ^{Ab}	25,21 ^{Aab}	24,31 ^a
	(23,66)	(40,41)	(49,77)	(42,64)	

* CM: cerne interno, próximo a medula; CI: cerne intermediário; CE: cerne externo; A: alburno.

** Valores entre parênteses são máximo e mínimo, respectivamente, e coeficiente de variação.

*** As médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na vertical, ou minúscula na horizontal, não diferem estatisticamente entre si (Tukey; $p > 0,05$).

Os valores médios de perda de massa ao ataque do fungo da podridão branca na madeira de *Khaya ivorensis* foi de 28,3%, já a perda de massa da madeira de *Khaya senegalensis* foi de 24,3%. A madeira de *Khaya ivorensis* possui 14% menor perda de massa que a madeira de *Khaya senegalensis*, sendo classificada como uma madeira de resistência moderada enquanto a madeira de *Khaya senegalensis* como resistente ao ataque do fungo de podridão branca.

De acordo com a Tabela 6 a posição mais resistente ao ataque do fungo de podridão branca foi o cerne externo e não houve diferença estatística entre as espécies. Comparando com as classes de resistência da madeira a fungos xilófagos na Tabela 1 a madeira de *K. ivorensis* possui resistência moderada nas posições do cerne interno próximo a medula e cerne intermediário, já as posições referentes ao alburno e cerne externo a madeira é classificada como resistente. A madeira de *K. senegalensis* possui resistência moderada nas posições do cerne interno próximo à medula e alburno e classificada como resistente nas posições do cerne intermediário e cerne externo.

Esses resultados são importantes, pois a madeira do cerne externo é mais valorizada no mercado por possuir propriedades físicas e mecânicas superiores, quando comparadas a outras posições. Segundo Findlay (1985), o cerne externo é a parte do lenho mais resistente a organismos xilófagos. Por

outro lado, a posição mais interna próxima à medula é a região com madeira de menor resistência ao ataque de organismos xilófagos. Essa menor durabilidade pode ser explicada pela perda de eficiência dos extrativos ao longo do tempo, formando madeira mais susceptível ao ataque de organismos xilófagos ou pela quantidade de extrativos existentes, uma vez que a parede celular da madeira mais jovem é menos espessa que da madeira adulta.

O coeficiente de variação foi alto, de acordo com Oliveira, Tomazello e Silva (2005) ao avaliarem a resistência natural de madeira de sete espécies de eucalipto também obtiveram alto coeficiente de variação. Segundo os autores isto ocorre em função da variabilidade inerente às madeiras, próprias de qualquer ser vivo e reflexo de sua constituição química e anatômica, bem como da sua interação com outros seres vivos. Estando assim o coeficiente de variação obtido foi dentro de faixas normalmente aceitáveis.

Ejechi et al. (1996) avaliaram a resistência da madeira de *Khaya ivorensis* ao ataque de fungo de podridão branca (*Pleurotus ostreatus*) e podridão parda (*Gloeophyllum sepiarium*). E obtiveram valor médio de perda de massa de 32,5% para o fungo de podridão branca e 30,3% para fungo de podridão parda, sendo a madeira classificada como uma madeira de resistência moderada. A perda de massa foi um pouco maior que a encontrada por este estudo, no entanto, a madeira foi classificada na mesma classe de resistência.

Reilly e Robertson (2006) ao estudarem a resistência ao ataque de fungos de podridão branca e parda da madeira de *Khaya senegalensis* provenientes de plantios da Austrália, com 17 anos de idade, determinaram um valor médio de perda de massa ocasionado pelo fungo *Coriolus versicolor*, atualmente *Trametes versicolor*, foi de 3,9% e para o fungo *Formito psislilacino* foi de 3,5%, sendo esta madeira classificada como madeira muito resistente para podridão parda e branca. Nota-se que os valores de resistência encontradas na literatura para esta madeira é superior ao encontrado por este estudo.

3.2. ENSAIO DE PODRIDÃO MOLE

Na Tabela 8 encontram-se os valores médios para a perda de massa em diferentes posições das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* ao ataque de fungos de podridão mole. No Apêndice C, Tabela 8C verifica-se o resumo das análises de variância para perda de massa das madeiras de mogno africano ao ataque dos fungos de podridão mole.

Tabela 8 – Valores médios na posição radial para perda de massa (%) das madeiras de *K. ivorensis* e *K. senegalensis* (19 anos), ao ataque de fungo de podridão mole

Espécie	Perda de Massa (%)				Média
	CM	CI	CE	A	
<i>K. ivorensis</i>	(23,10)(10,90)	(37,10)(1,90)	(28,30)(13,78)	(22,50)(5,38)	17,21 ^A
	17,13 ^{Aa}	13,08 ^{Aa}	22,05 ^{Aa}	16,56 ^{Aa}	
<i>K. senegalensis</i>	(23,85)	(112,35)	(22,36)	(50,74)	6,53 ^B
	(10,31)(1,64)	(10,59)(1,78)	(12,40)(0,30)	(15,58)(2,38)	
	5,32 ^{Aa}	7,46 ^{Aa}	6,98 ^{Aa}	6,37 ^{Aa}	
	(64,63)	(56,35)	(73,36)	(84,74)	

* CM: cerne interno, próximo a medula; CI: cerne intermediário; CE: cerne externo; A: alburno.

** Valores entre parênteses são máximo e mínimo, respectivamente, e coeficiente de variação.

*** As médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na vertical, ou minúscula na horizontal, não diferem estatisticamente entre si (Tukey; $p > 0,05$).

De acordo com o método IPT/DIMAD D-5 (1980) madeiras que possuem perda de massa iguais ou maiores que 3% evidenciam o ataque dos fungos. Sendo assim, as duas espécies estudadas foram atacadas por fungos de podridão mole.

Para as madeiras testadas, houve variação entre as espécies e somente a *Khaya senegalensis* exibiu diferença significativa dentre as posições. A posição referente ao cerne intermediário diferenciou em relação às demais. No entanto, a madeira de *Khaya ivorensis* não possui diferença estatística entre as posições na direção medula–casca. A madeira de *Khaya senegalensis* foi mais resistente, enquanto a de *Khaya ivorensis* foi mais deteriorada, sendo esta madeira 62,2% menos resistente em relação à madeira de *Khaya senegalensis* ao ataque de fungos de podridão mole.

Em relação às posições, a madeira de *Khaya ivorensis* foi mais deteriorada na posição referente ao cerne externo e a madeira de *Khaya senegalensis* a posição mais deteriorada foi a do cerne intermediário. O estudo realizado por Paes, Morais e Lima (2005) avaliou a resistência de nove madeiras de ocorrência no semiárido brasileiro a fungos de podridão mole sendo as madeiras de craibeira e cumaru as mais deterioradas na posição cerne intermediário e as madeiras de angico e cássia mais atacadas na posição cerne externo.

De acordo com Oliveira e Della Lúcia (1994), em madeiras intensamente deterioradas por fungos de podridão mole, ocorre marcante redução em todas as suas características mecânicas, em função a destruição dos seus elementos estruturais.

3.3. ENSAIO DE CUPIM DE MADEIRA SECA

Observa-se na Tabela 9 a mortalidade, desgaste e número de orifícios no ensaio com os cupins de madeira seca nas madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*. No Apêndice C, Tabela 9C verifica-se o quadrado médio das análises de variância para perda de massa e desgaste das madeiras de mogno africano ao ataque do cupim de madeira seca.

Tabela 9 – Mortalidade, desgaste e número de orifícios dos cupins de madeira seca nas madeiras de *K. ivorensis* e *K. senegalensis* (19 anos)

Espécies	Mortalidade (%)				Média
	CM	CI	CE	A	
	(75,00)(27,50)	(57,50)(17,50)	(47,50)(12,50)	(52,50)(20,00)	
<i>K. ivorensis</i>	50,00 ^{Ab}	36,50 ^{Bab}	27,50 ^{Aa}	38,50 ^{Aab}	38,13 ^A
	(34,64)	(36,98)	(51,07)	(29,87)	

Continua...

Continuação

<i>K. senegalensis</i>	(57,50)(17,50) 40,00 ^{Aa} (33,85)	(52,50)(12,50) 39,50 ^{Ab} (38,07)	(47,50)(15,00) 35,50 ^{Aa} (38,83)	(60,00)(35,00) 45,00 ^{Aa} (14,28)	40,00 ^B
Desgaste (Nota)					
Espécie	CM	CI	CE	A	Média
<i>K. ivorensis</i>	(2,00)(0,00) 0,72 ^{Aa} (116,80)	(1,80)(0,20) 1,14 ^{Aa} (44,19)	(2,90)(0,00) 1,40 ^{Aa} (59,48)	(4,00)(1,70) 2,68 ^{Ab} (26,37)	1,49 ^A
<i>K. senegalensis</i>	(2,00)(0,20) 1,38 ^{Aa} (41,53)	(3,00)(0,00) 1,10 ^{Aa} (78,43)	(3,00)(1,00) 1,93 ^{Aa} (35,48)	(3,20)(1,80) 2,43 ^{Aa} (20,07)	1,71 ^B
Número de Orifícios					
Espécie	CM	CI	CE	A	Média
<i>K. ivorensis</i>	(0,00)(0,00) 0,00 ^{Aa} (0)	(0,00)(0,00) 0,00 ^{Aa} (0)	(0,00)(0,20) 0,20 ^{Aa} (316,0)	(0,00)(0,40) 0,40 ^{Aa} (129,0)	0,14 ^A
<i>K. senegalensis</i>	(0,00)(0,00) 0,00 ^{Aa} (0,00)(0,00)	(0,00)(0,00) 0,00 ^{Aa} (0,00)(0,00)	(0,00)(0,00) 0,00 ^{Aa} (0,00)(0,00)	(0,00)(0,00) 0,00 ^{Aa} (0,00)(0,00)	0,00 ^A

* CM: cerne interno, próximo a medula; CI: cerne intermediário; CE: cerne externo; A: alburo.

** Valores entre parênteses são máximo e mínimo, respectivamente, e coeficiente de variação.

*** As médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na vertical, ou minúscula na horizontal, não diferem estatisticamente entre si (Tukey; $p > 0,05$).

De acordo com a Tabela 9 houve diferença estatística entre mortalidade e desgaste, no entanto não houve diferença significativa para número de orifícios dos cupins entre as espécies. A madeira de *Khaya senegalensis* obteve maiores valores médios de mortalidade, e menores valores médios para desgaste e número de orifícios, em que esta madeira obteve maior resistência ao cupim de madeira seca em relação à madeira de *Khaya ivorensis*.

Para a madeira de *Khaya ivorensis*, o cerne interno foi a posição com maior mortalidade de cupins e também a posição com menor desgaste. Na madeira de *Khaya senegalensis* a posição com maior mortalidade foi o alburo e o cerne intermediário obteve menor desgaste.

McMahan (1966) avaliou a resistência a cupim de madeira seca de 15 espécies, entre elas a *Khaya ivorensis*. Esta espécie foi considerada de

moderada resistência, com maior resistência às madeiras de *Liriodendron tulipifera*, *Quercus rotundifolia*, *Acer pseudoplatanus*, *Liquidambar styraciflua*, *Quercus falcate*, *Fraxinus spp*, *Prunus serotinae* e *Cucumis sativus*.

3.4. ENSAIO COM CUPINS SBTERRÂNEOS

Na Tabela 10, encontram-se os valores médios e a comparação múltipla entre médias para a perda de massa e desgaste das madeiras de mogno africano, proveniente da Reserva Vale, provocado pelo cupim de solo *Nasutitermes* sp. no ensaio de preferência alimentar. No Apêndice C, Tabela 10C verifica-se o resumo das análises de variância para perda de massa e desgaste das madeiras de mogno africano ao ataque do cupim de solo no ensaio de alimentação forçada.

Tabela 10 – Perda de massa (%) e desgaste das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* (19 anos) para o ataque de cupins de solo no ensaio de preferência alimentar

Espécie	Perda de Massa (%)				Média
	CM	CI	CE	A	
<i>K. ivorensis</i>	(18,63)(0,00)	(20,77)(0,55)	(45,74)(1,91)	(41,13)(3,27)	11,78 ^A
	6,51 ^{Aa}	8,71 ^{Aa}	17,27 ^{Ba}	14,62 ^{Aa}	
	(101,62)	(82,23)	(84,33)	(98,10)	
<i>K. senegalensis</i>	(7,12)(0,76)	(9,35)(1,72)	(56,05)(17,73)	(11,95)(1,01)	10,75 ^A
	2,11 ^{Aa}	3,72 ^{Ab}	32,71 ^{Ab}	4,46 ^{Bb}	
	(92,12)	(59,48)	(36,41)	(87,69)	
Espécie	Desgaste (Nota)				Média
	CM	CI	CE	A	
<i>K. ivorensis</i>	(10,00)(5,00)	(10,00)(8,90)	(10,00)(0,00)	(9,00)(1,00)	7,81 ^A
	7,56 ^{Bbc}	9,31 ^{Ac}	8,06 ^{Aab}	6,32 ^{Aa}	
	(19,20)	(4,12)	(36,17)	(48,96)	

Continua...

	(10,00)(9,00)	(10,0)(6,90)	(7,00)(0,00)	(9,00)(0,00)	Continuação
<i>K. senegalensis</i>	9,70 ^{Aa}	8,40 ^{Ba}	2,40 ^{Ba}	4,64 ^{Ba}	6,29 ^B
	(4,06)	(11,80)	(84,50)	(62,15)	

* CM: cerne interno, próximo a medula; CI: cerne intermediário; CE: cerne externo; A: alburno.

** Valores entre parênteses são máximo e mínimo, respectivamente, e coeficiente de variação.

*** As médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na horizontal, ou minúscula na vertical, não diferem estatisticamente entre si (Tukey; $p > 0,05$).

A perda de massa média dos corpos de prova confeccionados com madeira de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* não foi diferente quando comparada pelo teste de Tukey a 5% de significância (Tabela 10). A média de perda de massa de *Khaya ivorensis* foi superior à do *Khaya senegalensis*, indicando maior susceptibilidade à ação de *Nasutitermes* sp.

Não houve variação entre as posições da madeira de *Khaya ivorensis* e para a *Khaya senegalensis* somente a posição referente ao cerne interno próximo a medula diferenciou das demais posições. Para as duas espécies a posição mais atacada foi referente ao cerne externo. Houve diferença estatística nas posições do cerne intermediário e alburno entre as espécies estudadas.

Em relação ao desgaste da madeira de *Khaya ivorensis*, o alburno foi a posição que recebeu a menor nota e a posição que recebeu a melhor nota foi o cerne intermediário, ou seja, posição de obteve menor desgaste. Para a madeira de *Khaya senegalensis* a posição com maior desgaste foi referente ao cerne externo e com menor desgaste foi a posição do cerne interno próximo a medula. De modo geral, a madeira de *Khaya ivorensis* recebeu menor nota atribuída ao desgaste quando comparada à de *Khaya senegalensis*.

Na Tabela 11, pode ser observado valores médios e a comparação múltipla entre médias para a mortalidade dos cupins, perda de massa, e desgaste das madeiras de mogno africano, proveniente da Reserva Natural Vale, provocado pelo cupim de solo *Nasutitermes* sp. no ensaio de alimentação forçada.

No Apêndice C, Tabela 11C verifica-se o resumo das análises de variância para perda de massa e desgaste das madeiras de mogno africano ao ataque do cupim de solo no ensaio de alimentação forçada.

Tabela 11 – Perda de massa, mortalidade e desgaste das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* com 19 anos no ensaio com de cupim de solo alimentação forçada

Espécie	Perda de Massa (%)				Média
	CM	CI	CE	A	
<i>K. ivorensis</i>	(18,63)(0,0) 20,3 ^{Aa} (1,01)	(20,7)(0,55) 26,7 ^{Aab} (0,82)	(45,74)(1,91) 36,7 ^{Aab} (0,84)	(41,13)(3,26) 32,3 ^{Aab} (0,98)	29,2 ^A
<i>K. senegalensis</i>	(7,12)(0,76) 3,77 ^{Ba} (0,92)	(9,35)(1,72) 4,71 ^{Ba} (0,59)	(56,04)(17,72) 3,40 ^{Ba} (0,36)	(11,09)(1,01) 6,42 ^{Ba} (0,87)	4,6
Espécie	Mortalidade (%)				Média
	CM	CI	CE	A	
<i>K. ivorensis</i>	(18,63)(0,0) 41,6 ^{Ba} (1,01)	(20,7)(0,55) 29 ^{Ba} (0,82)	(45,74)(1,91) 20,5 ^{Ba} (0,84)	(41,13)(3,26) 31,1 ^{Ba} (0,98)	30,12 ^B
<i>K. senegalensis</i>	(100)(100) 100 ^{Aa} (0,0)	(100)(100) 100 ^{Aa} (0,0)	(100)(100) 100 ^{Aa} (0,0)	(100)(100) 100 ^{Aa} (0,0)	100 ^A
Espécie	Desgaste (Nota)				Média
	CM	CI	CE	A	
<i>K. ivorensis</i>	(9)(6,3) 6,39 ^{Ba} (34,6)	(9)(2) 3,77 ^{Ab} (73,1)	(5,6)(0) 2,89 ^{Ab} (66,1)	(4,1)(1,3) 3,39 ^{Ab} (24,5)	4,1 ^B
<i>K. senegalensis</i>	(10)(7) 9,51 ^{Aa} (9,58)	(10)(7) 9,11 ^{Ba} (12,75)	(10)(7) 9,21 ^{Ba} (9,93)	(10)(7) 9,04 ^{Ba} (10,9)	9,2 ^A

* CM: cerne interno, próximo a medula; CI: cerne intermediário; CE: cerne externo; A: alburno.

** Valores entre parênteses são máximo e mínimo, respectivamente, e coeficiente de variação.

*** As médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na horizontal, ou minúscula na vertical, não diferem estatisticamente entre si (Tukey; $p > 0,05$).

Nota-se que houve maior preferência pelos cupins para a madeira de *Khaya ivorensis*. Para esta madeira a posição mais atacada foi a referente ao cerne externo e a mais resistente o cerne interno. Na madeira de *Khaya senegalensis* a posição de menor resistência foi a do alburno e a mais resistente o cerne externo. Houve diferença significativa entre as espécies.

Em relação à mortalidade dos cupins houve diferença estatística entre as espécies. Segundo a classificação descrita na Tabela 3 a taxa de mortalidade dos cupins para madeira de *Khaya ivorensis* foi baixa, somente na posição referente ao cerne interno obteve taxa de mortalidade moderada. Na madeira de *Khaya senegalensis* ocorreu mortalidade total em todas as posições.

Usher e Ocloo (1976) estudaram a resistência ao ataque de cupins subterrâneos de 85 espécies provenientes da África Ocidental. Neste estudo a

madeira de *Khaya ivorensis* foi mais resistente que a madeira de *Khaya senegalensis*, em que a primeira teve 8,5% de perda de massa e a madeira de *K. senegalensis* teve 11,5%. De acordo com o estudo realizado por Armstrong et al. (2007) a madeira de *Khaya senegalensis* proveniente a Austrália com 17 anos possui alta resistência ao ataque de cupins. Os valores de resistência aos cupins de solo obtidos para as madeira de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* no estudo de Usher e Ocloo (1976) e Armstrong et al. (2007) no foram mais resistentes que as deste estudo.

4 CONCLUSÕES

A madeira de *Khaya senegalensis* possui maiores valores médios de extrativos em todos os solventes analisados.

A madeira de *Khaya senegalensis* é mais resistente ao ataque dos fungos de podridão branca e mole.

A madeira de *Khaya ivorensis* é mais resistente ao ataque de fungos de podridão parda.

A madeira de *Khaya senegalensis* foi mais resistente ao ataque dos cupins de madeira seca e também aos subterrâneos, tanto no ensaio de preferência alimentar, quanto no ensaio de alimentação forçada.

As duas espécies são de moderada resistência a fungos e cupins, sendo mais indicadas para usos internos e sem contato com o solo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2017:** standard test method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. Annual Book of ASTM Standards. v. 4.10, West Conshohocken, 2006a.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-3345:** standard method for laboratory evaluation of wood and other cellulosic materials for resistance to termites. Annual Book of ASTM Standards. v. 4.10, West Conshohocken, 2006b.

ARMSTRONG, M., REILLY, D. F., LELIEVUE, T., HOPEWELL, G., REDMAN, A., FRANCIS, L. AND ROBERTSON, R. M. **Evaluation of the wood quality and potential use of plantation grown *Khaya senegalensis* (African mahogany).** RIRDC Publication n. 07/107, Rural Industries Research and Development Corporation, Canberra, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL – ABTCP. **M68.** Normas técnicas. São Paulo. 1968.

CAVALCANTE, M. S. Métodos para aumentar a durabilidade da madeira. **Boletim da Associação Brasileira de Preservadores de Madeira**, n. 36, p. 159-170, 1985.

EJECHI, B.O.; O BUEKWE, C.O.; OGBIMI, A.O. Microchemical studies of wood degradation by brown rot and white rot fungi in two tropical timbers. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v.26, p.119-122, 1996.

FINDLAY, W.P.K. The nature and durability of wood. In: FINDLAY, W.P.K. (Ed). **Preservation of timber in the tropics.** Dordrecht: Martinus Nijhoff/ Dr. W. Junk Publishers, 1985. p.1-13.

HUNT, G. M.; GARRATT, G. A. **Wood preservation.** 3. ed. New York: McGraw Hill, 1967. 433p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS/DIMAD – (IPT/DIMAD D – 2). **Ensaio acelerado da resistência natural ou de madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero *Cryptotermes* (Fam. Kalotermitidae).** São Paulo: IPT/DIMAD, 1980. 2p. (Publicação IPT, 1157).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS/DIMAD – (IPT/DIMAD D – 5). **Ensaio acelerado de laboratório para a determinação da eficiência de preservativos contra fungos da podridão-mole.** São Paulo: IPT/DIMAD, 1980. 2p. (Publicação IPT, 1157).

JESUS, R. M. **Manejo florestal:** impactos da exploração na estrutura da floresta e sua sustentabilidade econômica. 2001. 244p. Tese (Doutorado em Ecologia), Universidade de Campinas, 2001.

LELLES, J.G.; REZENDE, J.L.P. Considerações gerais sobre tratamento preservativo da madeira de eucalipto. **Inf. Agropec**, v. 12, n. 141, p.83-90, 1986.

McMAHAN, E. A. Studies of termite wood-feeding preferences. **Hawaiian Entomological Society**, v. 16, n. 2, 1966.

MILANO, S.; LOPEZ, G. A. C. Resistência natural de madeiras a xilófagos marinhos – Resultados da primeira avaliação após três meses de instalação do ensaio. **Preservação de Madeiras**, v. 8/9, n. 1, p. 31-42, 1978.

NDUKWE, N. A., OKIEI, W. O.; ALO, B. I. Correlates of the yield of chemical pulp, lignin and the extractive materials of tropical hardwoods. **African Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 40, p. 5518-5524, 2012.

OLIVEIRA, J. T. S.; DELLA LÚCIA, R. M. **Teores de extrativos de 27 espécies de madeiras nativas do Brasil ou aqui introduzidas**. Viçosa, Sociedade de Investigações Florestais, 1994. 5p. (Boletim Técnico, 9).

OLIVEIRA, J. T. S.; SOUZA, L. C.; DELLA LUCIA, R. M.; SOUZA JÚNIOR, W. P. Influência dos extrativos na resistências ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, v.29, n.5, 2005.

OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; SILVA, J. C. Resistência natural da madeira de sete espécies de eucalipto ao apodrecimento. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 993-998, 2005.

PAES, J. B. **Efeitos da purificação e do enriquecimento do creosoto vegetal em suas propriedades preservativas**. 1997. 143 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

PAES, J. B. Resistência natural da madeira de *Corymbium maculata* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 761-767, 2002.

PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a fungos causadores da podridão-mole. **Revista Árvore**, v.29, n.3, p.365-371, 2005.

PAES, J. B.; RAMOS, I. E. C.; NASCIMENTO, J. W. B. Eficiência do CCB na resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.) a cupins subterrâneos (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar. **Ambiência**, v.2, n.1, p.51-64, 2006.

REILLY, D. F.; ROBERTSON, R. M. **Evaluation of the wood quality and utilization potential of plantation grown *Khaya senegalensis* (African mahogany)**. Department of Primary Industry, Fisheries and Mines Crops, Forestry and Horticulture Division. 2006. (Information Booklet).

SUPRIANA, N. **Notes the resistance of tropical wood against termites.** Stockholm: The International Research Group on Wood Preservation, 1985. 9p. (Doc. IRG/WP, 1249).

TECHNICAL DIVISIONS AND COMMITTEES – TAPPI. **Test methods,** Atlanta: Tappi Press, 1998.

TEREZAN, A. N.; ROSSI, R. A.; ALMEIDA, R. N. A.; FREITAS, T. G.; FERNANDES, J. B.; SILVA, M. F. M. G. F.; VIEIRA, P. C.; BUENO, O. C.; PAGNOCCA, F. C.; PIRANI, J. R. Activities of extracts and compounds from *Spiranthera odoratissima* St. Hil. (Rutaceae) in leaf-cutting ants and their symbiotic fungus. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 21, n. 5, 2010.

TEXEIRA, D. E.; COSTA, A. F.; SANTANA, M. A. E. Aglomerado de bagaço de cana-de-açúcar: resistência natural aos apodrecedores. **ScientiaForestalis**, n. 52, p. 29-34, 1997.

USHER, M. B.; OCLOO, J. K. **The natural resistance of 85 West African hardwood timbers to attack by termites and microorganisms.** Centre for Overseas Pest Research, London. *Tropical Pestl Bull*, v. 6, p. 1-47, 1976.

PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R. Resistência das madeiras de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), cássia (*Senna siamea*) e ipê (*Tabebuia impetiginosa*) a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. **Floresta e Ambiente**. v. 9, n. 1, 2002.

4 CONCLUSÃO GERAL

As espécies de mogno africano possuem propriedades organolépticas similares. Quanto aos parâmetros qualitativos, as espécies possuem algumas semelhanças, no entanto se diferenciam quanto a disposição e agrupamento de poros e tipo de parênquima. Em relação aos parâmetros anatômicos quantitativos avaliados, somente a largura de raio (numero de células), comprimento e espessura de fibras não diferenciaram.

A madeira de *Khaya ivorensis* foi classificada como madeira de baixa massa específica e a madeira de *Khaya senegalensis* como média massa específica. As duas espécies possuem média estabilidade dimensional. A madeira de *Khaya senegalensis* obteve maiores valores médios para as propriedades mecânicas avaliadas.

A madeira de *Khaya senegalensis* obteve maiores valores médios para teor de extrativos nas três solubilidade avaliadas, água quente, água fria e etanol:tolueno. Esta madeira foi mais resistente ao ataque de fungos de podridão parda e branca e à cupins de madeira seca e cupins de solo, tanto no ensaio de preferência alimentar e alimentação forçada. A madeira de *Khaya ivorensis* foi mais resistente ao ataque dos fungos de podridão mole.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Resumo das análises de variância para os parâmetros anatômicos analisados.

Tabela 1A – Quadrado médio para análise quantitativa dos vasos das madeira de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* (19 anos)

F.V	G.L	Quadrado Médio	
		Diâmetro	Frequência
Trat.	1	17033,04*	188,180*
Resíduo	48	542,41	9,1733

* Significativo a 95% de probabilidade

^{ns} = não significativo

Tabela 2A – Quadrado médio para análise quantitativa dos raios das madeira de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* (19 anos)

F.V	G.L	Quadrado Médio					
		Diâmetro	Frequência	Altura (μm)	Largura (μm)	Altura (n° de célula)	Largura (n° de célula)
Trat.	1	17033,04*	188,180*	2782,58*	48154,21*	169,28*	0,980 ^{ns}
Resíduo	48	542,41	9,1733	119,75	1173,90	25,98	0,983

* Significativo a 95% de probabilidade

^{ns} = não significativo

Tabela 3A – Quadrado médio para análise quantitativa dos raios das madeira de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* (19 anos)

F.V	G.L	Quadrado Médio			
		Comprimento	Largura	Diâmetro	Espessura
Trat.	1	17033,04*	188,180*	2782,58*	2,928 ^{ns}
Resíduo	48	542,41	9,1733	119,75	1,258

* Significativo a 95% de probabilidade

^{ns} = não significativo

APÊNDICE B – Resumo das análises de variância para as propriedades físicas e mecânicas

Tabela 4B – Quadrado médio para retratibilidade

F.V	G.L	Quadrado Médio				
		Longitudinal	Tangencial	Radial	Volumétrica	Fator T/R
Trat.	1	0,806 ^{ns}	0,0015 ^{ns}	0,884*	191,73677*	0,33678*
Resíduo	42	0,0425	0,0344	0,085	21,19587	0,031557

* Significativo a 95% de probabilidade

^{ns} = não significativo

Tabela 5B – Quadrado médio para as propriedades mecânicas avaliadas

F.V	G.L	Flexão		Compressão	Dureza	
		MOE	MOR		Axial	Tangencial
Trat.	1	3918717,53 ^{ns}	241,45603 ^{ns}	5551,04*	177858,16*	507213,375*
Resíduo	22	1508134,60	117,548680	1256,31	2541,265	5841,753

* Significativo a 95% de probabilidade

^{ns} = não significativo

APÊNDICE C – Resumo das análises de variância para teor de extrativos e resistência natural

Tabela 6C – Quadrado médio para as propriedades mecânicas avaliadas

F.V	G.L	Quadrado Médio		
		Etanol:tolueno	Água Quente	Água Fria
Trat.	1	0,3841 ^{ns}	0,70225 ^{ns}	0,2592*
Resíduo	8	0,713	0,23463	0,0298

* Significativo a 95% de probabilidade

^{ns} = não significativo

Tabela 8C – Quadrado médio para podridão parda e podridão branca. Valores transformados em $\text{ascsen}\sqrt{x/100}$

F.V	G.L	Quadrado Médio	
		Podridão Parda	Podridão Branca
Espécie	1	1704,37 ^{ns}	0,07435 ^{ns}
Posição	3	828,2820 ^{ns}	0,28743*
Espécie x Posição	3	1639,66 ^{ns}	0,04617 ^{ns}
Resíduo	231	814,9442	0,01736

* Significativo a 95% de probabilidade

^{ns} = não significativo

Tabela 7C – Quadrado médio para podridão parda e podridão branca. Valores transformados em $\text{ascsen}\sqrt{x/100}$

F.V	G.L	Quadrado Médio
		Podridão Mole
Espécie	1	0,3466*
Posição	3	0,00926 ^{ns}
Espécie x Posição	3	0,01812 ^{ns}
Resíduo	40	0,01537

* Significativo a 95% de probabilidade

^{ns} = não significativo

Tabela 8C – Quadrado médio para ensaio de cupim de madeira seca. Dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$

F.V	G.L	Quadrado Médio	
		Mortalidade	Desgaste
Espécie	1	1,030580*	1,19306*
Posição	3	0,847643*	1,20297*
Espécie x Posição	3	0,840743*	0,16774 ^{ns}
Resíduo	72	0,013653	0,06706

* Significativo a 95% de probabilidade

^{ns} = não significativo

Tabela 9C – Quadrado médio para ensaio de cupim de madeira seca. Valores transformados em $\text{ascsen}\sqrt{x/100}$, para perda de massa e $\sqrt{x+0,5}$ para desgaste.

F.V	G.L	Quadrado Médio	
		Perda de Massa	Desgaste
Espécie	1	0,014796 ^{ns}	37,8125*
Posição	3	0,409184*	0,044698*
Espécie x Posição	3	0,130374 ^{ns}	1,01533 ^{ns}
Resíduo	72	0,019861	0,018179

* Significativo a 95% de probabilidade

^{ns} = não significativo

Tabela 10C – Quadrado médio para ensaio de cupim de madeira seca

F.V	G.L	Quadrado Médio		
		Perda de Massa	Mortalidade	Desgaste
Espécie	1	2,7779*	21,36156*	21,652805*
Posição	3	0,036688 ^{ns}	0,068394 ^{ns}	0,75205 ^{ns}
Espécie x Posição	3	0,053947 ^{ns}	0,068394 ^{ns}	0,561125 ^{ns}
Resíduo	72	0,0167641	0,18756	0,14608

* Significativo a 95% de probabilidade

^{ns} = não significativo.