



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL



EWERTHON MATTOS PATERLINI

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA MADEIRA DE ACÁCIA
(*Acacia mangium* WILLD) PARA PRODUTOS SÓLIDOS

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2011

EWERTHON MATTOS PATERLINI

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA MADEIRA DE ACÁCIA
(*Acacia mangium* WILLD) PARA PRODUTOS SÓLIDOS

Monografia apresentada ao
Departamento de Engenharia
Florestal da Universidade Federal do
Espírito Santo, como requisito parcial
para obtenção do título de
Engenheiro Industrial Madeireiro.

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2011

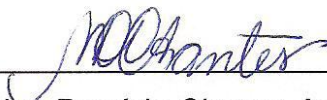
EWERTHON MATTOS PATERLINI

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA MADEIRA DE ACACIA
(*Acacia mangium*) PARA PRODUTOS SÓLIDOS

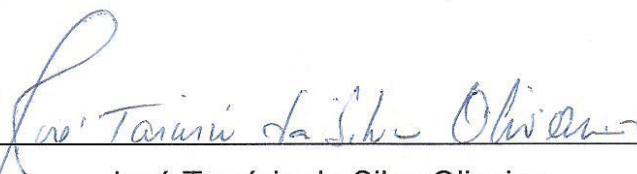
Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

Aprovada em oito de Novembro de 2011

COMISSÃO EXAMINADORA



Marina Donária Chaves Arantes
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora



José Tarcísio da Silva Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo



Juarez Benigno Paes
Universidade Federal do Espírito Santo

"Se o conhecimento pode criar problemas, não é através da ignorância que podemos solucioná-lo."

Isaac Asimov

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida e pela minha saúde.

Aos meus pais, por tudo o que sou e tudo o que tenho.

À Universidade Federal do Espírito Santo, pelo aprendizado científico.

À empresa Celulose Nipo-Brasileira S.A., CENIBRA, pela disponibilização do material em estudo.

À professora Marina Donária Chaves Arantes, pela paciência e pelos ensinamentos durante esta importante etapa da minha vida.

Aos professores José Tarcísio da Silva Oliveira, Fabricio Gomes Gonçalves e Juarez Benigno Paes, pelas valiosas informações.

E aos amigos Ana Carolina, Frederico e Jordão, pelo auxílio direto ou indiretamente na construção desta monografia.

RESUMO

A caracterização de novas matérias-primas é uma alternativa importante para o setor madeireiro que é dependente de um pequeno número de espécies florestais, principalmente o *Eucalyptus* e o *Pinus*. Uma espécie promissora como alternativa a essas madeira é a *Acacia mangium* Willd, oriunda de países como a Austrália, Papua Nova Guiné, Ilhas de Java e Moluccas e que têm seus plantios e usos difundidos em todo o mundo, principalmente em países da África, Ásia e América do Sul, aonde vêm obtendo taxas de crescimento superiores à do eucalipto. Foram amostradas oito árvores de acácia aos 17 anos de idade, procedente da Empresa Celulose Nipo-brasileira S.A. (CENIBRA), sediada no município de Belo Oriente, MG, com o objetivo de caracterizar a madeira de acácia visando sua utilização em reflorestamentos para empresas de produtos sólidos. A densidade básica da madeira foi de 0,47 g.cm⁻³, sendo considerada baixa, e a estabilidade dimensional da madeira foi considerada moderada. Os valores de resistência mecânica dos ensaios de flexão estática, compressão axial, cisalhamento e dureza classificam a madeira como de resistência moderada. O adesivo termofixo à base de resorcinol-formaldeído apresentou melhor desempenho quanto à resistência ao cisalhamento da linha de cola em relação ao termoplástico à base de acetato de polivinila, estando às resistências ao cisalhamento na linha de cola dos mesmos inferiores ao observado para a madeira sólida de acácia. Os valores de falha na madeira classificam as juntas coladas com adesivo termofixo para usos estruturais.

Palavras-chave: *Acacia mangium*, produtos sólidos de madeira, propriedades físicas, propriedades mecânicas, propriedades de adesão.

ABSTRACT

The characterization of new materials is an important alternative to the lumber industry that is dependent on a small number of forest species, mainly *Eucalyptus* and *Pinus*. A promising species as an alternative to those wood is the *Acacia mangium* Willd, from countries such as Australia, Papua New Guinea, Java and Moluccas Islands and have its plantations and uses spread around the world, particularly in countries in Africa, Asia and South America, where growth rates are getting higher than eucalyptus. We sampled eight acacia trees with 17 years of age, coming from Nipo-Brazilian Pulp Company SA (CENIBRA), headquartered in Belo Oriente, MG, in order to characterize the order acacia wood for use in reforestation companies' solid products. The basic wood density was $0,47 \text{ g.cm}^{-3}$, and is considered low, and dimensional stability of timber was considered moderate. The values of mechanical strength testing of bending, axial compression, shear and hardness of the wood classified as moderately resistant. The thermosetting adhesive based on resorcinol-formaldehyde showed better performance in terms of shear strength of the glue line in relation to the base thermoplastic polyvinyl acetate, with the shear strength of the glue line below the same observed for the solid wood acacia. The wood failure values do not classify the joints for structural uses.

Keywords: *Acacia mangium*, solid wood products, physical properties, mechanical properties, adhesion properties.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. O problema e sua importância	2
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo geral	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. <i>Acacia mangium</i> Willd	4
2.2. Propriedades físicas e mecânicas da madeira	5
2.2.1. Massa específica aparente	6
2.2.2. Retratibilidade	7
2.2.3. Resistência à flexão estática	8
2.2.4. Resistência à compressão axial	9
2.2.5. Resistência ao cisalhamento	9
2.2.6. Dureza	9
2.3. Capacidade de adesão da madeira	10
3. METODOLOGIA	11
3.1. Descrição do material	11
3.2. Propriedades físicas da madeira de <i>Acacia mangium</i>	11
3.3. Propriedades mecânicas da madeira de <i>Acacia mangium</i>	13
3.4. Avaliação da adesão da madeira de <i>Acacia mangium</i>	13
4. RESULTADOS DA PESQUISA	17
4.1. Propriedades físicas da madeira de <i>Acacia mangium</i>	17
4.2. Propriedades mecânicas da madeira de <i>Acacia mangium</i>	19
4.3. Adesão da madeira de <i>Acacia mangium</i>	21
5. CONCLUSÕES	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensões dos corpos de prova para ensaios mecânicos	13
Tabela 2 – Propriedades físicas da madeira de <i>Acacia mangium</i>	18
Tabela 3 – Propriedades físicas de madeiras comerciais	20
Tabela 4 – Propriedades mecânicas da madeira de <i>Acacia mangium</i>	21
Tabela 5 – Classificação da madeira conforme as propriedades mecânicas	22
Tabela 6 – Resistência ao cisalhamento por compressão na linha de cola e falha na madeira de <i>Acacia mangium</i>	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Metodologia de desdobro tangencial	11
Figura 2 – Corpos de prova para ensaios das propriedades físicas da madeira	12
Figura 3 – Prensagem das juntas coladas	15
Figura 4 – Malha quadriculada para avaliação do percentual de falhas	16

1. INTRODUÇÃO

A demanda atual de madeira dos mais diversos setores da indústria de processamento primário e secundário vem propiciando pesquisas visando à descoberta de matérias-primas que contenham as características desejáveis para a confecção de produtos sólidos, de modo que a qualidade dessas matérias-primas atenda às características desejáveis ao produto final.

Barcellos et al. (2005) consideraram que a madeira deve possuir qualidades que atendam a adequadas características relacionadas ao seu uso final. A definição do melhor uso de uma determinada madeira consiste em estudar as suas características, definindo-se assim sua qualidade que, por sua vez, pode ser definida como um atributo ou condição que distingue um determinado produto. Generalizando-se, a madeira deve ser adequada ao uso que se pretende. Os parâmetros principais da qualidade da madeira são os tecnológicos, como físicos, mecânicos, químicos e anatômicos; e os não tecnológicos, como espécie, procedência, idade, ritmo de crescimento, forma e conicidade da árvore (BARRICHELO, 1992).

A qualidade do produto final a ser produzido será influenciada pelas principais propriedades físicas e mecânicas da madeira, como a resistência mecânica, a massa específica aparente e a estabilidade dimensional, e as características das madeiras são influenciadas pelo melhoramento florestal, pelas práticas silviculturais e de manejo e, posteriormente, pelos processamentos primário e secundário. A qualidade da madeira para determinados usos pode ser melhorada, modificada ou ter fatores minimizados ou controlados, o que pode ser comprovado pelo grande número de pesquisas de laboratório e de campo visando identificar espécies e clones com características adequadas a determinados usos (EUCALIPTO..., 2003).

As propriedades da madeira variam entre árvores e dentro de uma mesma árvore nos sentidos longitudinal e radial do tronco. Para Downes et al. (1997), essa variação pode sofrer interferência dos métodos de avaliação e amostragem, podendo, assim, gerar erros consideráveis de decisão quanto à amostragem adequada do material. Portanto, para uma avaliação confiável, quanto maior for a variação, maior deverá ser o número de amostras e de pontos amostrais a serem

obtidos e, conseqüentemente, maior será o tempo demandado e o custo da amostragem.

Segundo Klock (2000), a utilização de determinada madeira como insumo para fins industriais ou construtivos só pode ocorrer a partir do conhecimento adequado das suas principais propriedades, uma vez que a madeira é um elemento orgânico heterogêneo, cuja composição é celulose, hemiceluloses, lignina e extrativos, e é versátil para a obtenção de diferentes produtos. O conhecimento das propriedades da madeira como matéria prima proporciona o aprimoramento no emprego de novas tecnologias para sua transformação e seu uso racional na geração de novos produtos.

Neste contexto, torna-se importante o estudo de madeiras de espécies florestais exóticas e de suas respectivas características, com a finalidade de se obter dados precisos sobre suas possíveis utilizações. De acordo com Vale et al. (2000), uma espécie que vem se destacando é a *Acacia mangium*, uma leguminosa que é utilizada em alguns países pela sua rusticidade, rapidez de crescimento e tolerância a solos marginais tendo sido indicada por Dubois (1996) para plantio em consórcios agroflorestais na Amazônia e posterior utilização para energia.

1.1. O problema e sua importância

O estudo de novas matérias-primas é primordial para o setor madeireiro, ficando esse restrito a qualidade da madeira em função do uso final que esta madeira será destinada. Uma das espécies que vem se mostrando promissora é a *Acacia mangium*, por se destacar pela elevada rusticidade, pelo seu rápido crescimento e pela sua alta fixação de nitrogênio.

Em algumas regiões, a acácia vem sendo cultivada para múltiplos propósitos e chega a alcançar taxas de crescimento superiores àquelas obtidas por espécies como o eucalipto. Entretanto, os estudos concentram-se na área de polpação, ficando, assim, as demais possíveis aplicações da madeira carentes de informações.

Apesar de possuírem capacidade de adaptação às características edáfico-climáticas brasileiras, bons níveis de crescimento e características tecnológicas favoráveis a diversos setores da indústria madeireira, a utilização da *Acacia mangium* no Brasil concentra-se na recuperação de áreas degradadas.

O setor madeireiro vem buscando espécies florestais que possuam rápido crescimento e fácil cultivo, o que gera a necessidade do estudo de novas espécies que sejam contempladas por esses quesitos e que possuam características adequadas à produção desejada.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Caracterizar a madeira de *Acacia mangium* a fim de se obter informações sobre suas propriedades físicas e mecânicas, bem como o seu comportamento quanto à colagem.

1.2.2. Objetivos específicos

Foram objetivos específicos:

- a) Determinar a densidade e a retratibilidade da madeira de *Acacia mangium*;
- b) Mensurar as resistências à flexão estática, ao cisalhamento e à compressão axial e a dureza da madeira de *Acacia mangium*;
- c) Verificar o comportamento de adesão da espécie estudada;
- d) Comparar os dados obtidos com dados de literatura tanto da madeira de *Acacia mangium*, quanto de outras madeiras usuais para produtos sólidos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Acacia mangium* Willd

Com mais de dois milhões de hectares plantados no mundo, o gênero *Acacia* apresenta grande importância do ponto de vista social e industrial no reflorestamento, sendo as espécies de maior destaque a *Acacia mangium*, *Acacia mearnsii* e *Acacia auriculiformis*. Sua produção tem sido destinada para polpa celulósica, movelaria, construção civil, painéis reconstituídos, combustível, controle de erosão, quebra-vento e sombreamento (ANTUNES, 2009).

As espécies deste gênero são originárias da região costeira da Austrália, Papua Nova Guiné, Ilhas de Java e Moluccas e têm seus plantios e usos difundidos em diversos países, principalmente nos continentes africanos, asiáticos e sul-americanos (SEGURA et al., 2010).

Por ser uma espécie de rápido crescimento e potencial de recuperação de áreas degradadas, o gênero *Acacia* oferece proteção do solo e capacidade de decomposição de matéria orgânica, fazendo com que aumente sua capacidade de fixar nitrogênio. No Sudoeste Asiático, vem sendo empregada em substituição a teca (*Tectona grandis*), com grande vantagem e maior lucratividade (SILVA, 2008).

A *Acacia mangium* é utilizada comumente em plantios comerciais para múltiplos usos como na produção de celulose, construção civil, indústria de painéis e também para indústria moveleira, além da sua ampla utilização na recuperação de áreas degradadas (FONSECA, 2005).

As espécies deste gênero são originárias da região costeira da Austrália, Papua Nova Guiné, Ilhas de Java e Moluccas e têm seus plantios e usos difundidos em todo o mundo, principalmente em países da África, Ásia e América do Sul (SEGURA et al., 2010).

Apesar do predomínio de reflorestamento com a acácia-negra (*Acacia mearnsii*) no Brasil, as espécies *A. mangium* (FERREIRA et al., 1990; YARED et al., 1990; JESUS et al., 1993b; SILVA et al., 1996) e *A. auriculiformis* (JESUS et al., 1993a) tem sido avaliadas experimentalmente no Brasil, apresentando resultados

promissores, principalmente no Vale do Rio Doce, MG, e Litoral do Estado Espírito Santo.

No Brasil, as espécies *Acacia mearnsii* e *Acacia mangium* são cultivadas com a finalidade de extração de tanino a partir da casca, para as indústrias de curtume, bem como para a utilização de sua madeira na indústria de celulose, energia e painéis de madeira industrializada. A área plantada com o gênero no Brasil vem apresentando redução desde 2008, tendo em 2010 a área de plantios totalizada em 127.600 ha, valor 26,7% inferior ao de 2009 (ABRAF, 2011).

A madeira de *A. mangium* apresenta densidade básica que varia de 0,42 a 0,50 g.cm⁻³ e poder calorífico entre 4800 a 4900 Kcal.kg⁻¹ (LELLES et al., 1996; MARTO et al, 2011). No Brasil, o cultivo de *A. mangium* pode representar uma alternativa silvicultural para áreas degradadas, nas quais as espécies de eucalipto não apresentam aptidão para crescer ou os custos de sua implantação sejam inviáveis (ARRUDA, 2008).

De acordo com Meier-Dörnberg (2005), a madeira de *A. mangium* pode ser utilizada para a produção de móveis maciços, construção pesada e leve, chapas e embalagens; energia, uma vez que a mesma possui um alto valor calorífico; produção de celulose; produtos alternativos, como o mel, além da folhagem conter 42% de proteína e casca possuir taninos.

2.2. Propriedades físicas e mecânicas da madeira

Considerada desde os tempos remotos como bom material para construção pela sua disponibilidade na natureza e por seu fácil manuseio, a madeira, quando comparada a outros materiais de construção como concreto, apresenta excelente relação entre resistência e peso, além de apresentar facilidade de beneficiamento e bons isolamentos térmico e acústico (AGOSTINI, 2005).

De acordo com Chimelo (2007), as espécies de madeira apresentam diferentes composições químicas e organização dos elementos celulares nos três principais planos, transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial, o que determina suas propriedades e suas aptidões para o uso comercial.

Devem-se considerar, ainda, outros fatores relacionados ao ambiente em que a madeira se encontrava antes de seu corte, tais como as condições de temperatura, composição e umidade do solo, densidade e tipo de manejo aplicado

ao povoamento, incidência de chuvas e a posição da árvore no talhão, que podem gerar alterações nas propriedades da madeira formada até mesmo em árvores da mesma espécie (CALIL JUNIOR et al., 2000).

A determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira é realizada em laboratórios, dotados de equipamentos projetados para tais finalidades. A máquina universal de ensaio é considerada como principal equipamento destes laboratórios, tratando-se de uma prensa com comando hidráulico ou mecânico que, com a utilização de diferentes acessórios, permite a aplicação dos vários tipos de solicitações, registrando a resistência e a rigidez do material ensaiado (OLIVEIRA, 2007).

2.2.1. Densidade básica da madeira

A densidade básica é considerada de maior importância entre as propriedades físicas e tecnológicas, uma vez que a mesma serve na prática como uma referência para a classificação da madeira. Quanto maior seu valor, maior será a retratibilidade em alguns casos e maiores serão as dificuldades em se trabalhar a madeira (CHIMELO, 1980; OLIVEIRA, 1997).

O conhecimento da densidade básica é uma informação útil sobre a qualidade e para a classificação de uma madeira, sendo um reflexo da quantidade de matéria lenhosa por unidade de volume ou, de forma inversa, do volume de espaços vazios existentes na madeira (MORESCHI, 2010).

Em relação à composição química, a densidade da madeira é representação da porcentagem dos diferentes constituintes da madeira, sendo eles a celulose, as hemiceluloses, a lignina e os extrativos, além de ser influenciada pelas dimensões dos caracteres anatômicos, tais como comprimento, largura e espessura da parede celular e diâmetro do lúmen das fibras ou traqueídeos (USDA, 1974).

Segundo Moreschi (2010), são fatores que afetam a densidade básica a espécie florestal; umidade da madeira; relação de lenho inicial e lenho tardio; largura dos anéis de crescimento; posição de retirada do material no tronco; local de crescimento da árvore; e métodos silviculturais empregados, como desbaste, poda e adubação.

A densidade básica, além de ser um bom indicativo da qualidade de determinada espécie de madeira, estabelece como um bom índice para análise de viabilidade de seu emprego em diversas finalidades (LOPES & GARCIA, 2002).

Vale et al. (1999) avaliaram a densidade básica de 126 árvores de *Acacia mangium* com 7 anos de idade e concluíram que a densidade básica da madeira de *Acacia mangium* foi de $0,524 \pm 0,076 \text{ g.cm}^{-3}$ e que a densidade básica da madeira de *A. mangium*, tendo apresentado tendência de diminuição até a metade da altura da árvore, crescendo daí até o topo, sem, no entanto, alcançar os valores da base.

Antunes (2009) utilizou cinco árvores de materiais genéticos comerciais destinados à produção de polpa celulósica das espécies de *Acacia crassicarpa* e *Acacia mangium* com idade de seis anos plantados na Indonésia, *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus nitens* com idade de 12 anos plantados no Chile e *Populus tremuloides* com idade de 55 anos originária de floresta natural do Canadá. Para a madeira de *Acacia mangium* foi encontrado valores de densidade básica de $0,552 \text{ g.cm}^{-3}$ (base) e $0,440 \text{ g.cm}^{-3}$ (100% da altura comercial). Também foi verificado que a densidade básica da madeira no sentido longitudinal apresentou decréscimo da base para 25% da altura comercial, aumentando um pouco em 50%, seguida de nova redução até atingir o topo e, que, a média ponderada para densidade básica das árvores de *Acacia mangium* foi de $0,440 \text{ g.cm}^{-3}$.

2.2.2. Retratibilidade da madeira

A retratibilidade é considerada o fenômeno da variação dimensional da madeira quando há uma alteração no seu teor de umidade abaixo da umidade de saturação das fibras (IPT, 1985).

A retratibilidade está relacionada com a ligação por pontes de hidrogênio entre as moléculas de água e as microfibrilas dos polissacarídeos que formam a madeira. Quando estas são forçadas a saírem, deixam um espaço e forçando a reaproximação das microfibrilas por meio de forças de coesão, gerando uma contração da madeira como um todo. Já o inchamento é o inverso da contração, isto é, as moléculas de água são adsorvidas e penetram entre as microfibrilas, forçando o afastamento das mesmas e, com isso, aumentando as dimensões da madeira (OLIVEIRA, 2007).

De acordo com Basset (1994), apud Oliveira (2007), as pontes de hidrogênio são muito fracas, o que facilita a liberação de água quando ocorre uma queda da umidade atmosférica e permite uma nova contração da madeira. Considerando que as madeira mais densas possuem maior concentração de células de paredes mais espessas, elas tendem a absorver mais água por unidade de volume e, portanto,

tendem a contrair e a inchar mais do que àquelas de menor densidade. Entretanto, em caso de madeiras densas com alto teor de extrativos hidrófobos nas paredes celulares as contrações volumétricas podem ter seus valores reduzidos.

Segundo os mesmos autores, as características de retratibilidade das madeiras diferem bastante entre espécies, dependendo do modo de condução do processo de secagem e do comportamento específico da madeira, o que, geralmente, acarreta à alteração da forma e à formação de fendas e empenos. Sendo a madeira um material anisotrópico, mais importante do que avaliar a retratibilidade volumétrica total é ter o conhecimento das variações lineares das dimensões nas direções transversal e longitudinal. Esta última não é tão importante, dado que seus valores são muito pequenos em todas as espécies. Portanto, deve-se focar na movimentação transversal nas madeiras, uma vez que estas diferem conforme a direção tangencial ou radial, sendo a primeira maior que a segunda.

2.2.3. Resistência à flexão estática

Uma das mais importantes propriedades mecânicas da madeira para utilização na construção civil é a resistência à flexão estática (OLIVEIRA, 2007). De acordo com Lima Junior et al. (2008), a resistência à flexão estática é uma das mais importantes propriedades mecânicas da madeira, sendo determinada pela aplicação tangencial de uma carga em relação aos anéis de crescimento de uma amostra apoiada nos extremos.

O módulo da resistência e o módulo de elasticidade à flexão são obtidos simultaneamente no ensaio de um mesmo corpo de prova. O módulo de resistência da madeira à flexão, MOR, é um valor convencional fornecido pela máxima tensão normal que pode atuar em um corpo de prova no ensaio de flexão simples e é calculado com a hipótese da madeira ser um material homogêneo e isotrópico (SCANAVACA JUNIOR; GARCIA, 2004). A determinação do módulo de elasticidade (MOE) fornecerá a rigidez da madeira e, com isso, a capacidade da madeira de resistir à deformação, quando sujeita aos esforços de flexão (OLIVEIRA, 2007).

O ensaio determina a máxima resistência à flexão ou módulo de ruptura e o módulo de elasticidade, fornecendo a rigidez da madeira e a capacidade de resistir à deformação, quando sujeita aos esforços de flexão. A deformação poderá ser

elástica ou plástica, sendo a primeira reversível quando se retira a carga (OLIVEIRA, 2007).

2.2.4. Resistência à compressão axial

A resistência à compressão axial, também conhecida por 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 (SCANAVACA JUNIOR; GARCIA, 2004).

Como praticamente todas as demais propriedades mecânicas, a resistência à compressão paralela às fibras depende da densidade da madeira, tornando-se maior com o aumento desta propriedade. Além da espécie, essa resistência depende do teor de umidade e se o esforço é aplicado perpendicular ou paralelo às fibras, sendo o último muito maior (OLIVEIRA, 2007).

2.2.5. Resistência ao cisalhamento

A resistência ao cisalhamento é dada pela máxima tensão de cisalhamento que pode atuar na seção de um corpo de prova (SCANAVACA JUNIOR; GARCIA, 2004). Também pode ser entendida como a capacidade da madeira em resistir à ação de forças, que tendem a fazer com que uma parte do material deslize sobre a outra parte adjacente. Esta propriedade aumenta com o aumento da densidade e tem por principais exemplos de peças expostas a estes esforços as vigas, os entalhes e as juntas (OLIVEIRA, 2007).

2.2.6. Dureza

A dureza pode ser definida como a capacidade da madeira resistir à abrasão superficial, ao desgaste e à penetração de ferramentas, sendo importante instrumento de escolha de madeiras para usos estruturais, as quais deverão sofrer grandes interferências por ferramentas cortantes, e que precisam ser furadas e principalmente pregadas. O método proposto por Janka para determinação da dureza consiste na introdução de uma semiesfera de aço de 1 cm² de seção diametral até uma profundidade igual ao raio (OLIVEIRA, 2007).

2.3. Capacidade de adesão da madeira

A capacidade de adesão da madeira somada à utilização de adesivos fornece um grande número de produtos derivados da madeira (PASSOS et al., 2006). A grande vantagem da madeira colada está associada à possibilidade de aproveitamento de uma grande quantidade de madeira de dimensões reduzidas para serem utilizadas como parte de componentes de vigas estruturais ou no setor moveleiro (LIMA JUNIOR et al. 2008). Portanto, faz-se necessário o estudo e compreensão do comportamento entre a madeira e o adesivo utilizado na confecção de produtos colados (ALBINO et al., 2010).

A sorção da madeira ocorre durante a adesão e é provocado por forças atuantes, tais como forças moleculares eletrostáticas, de Van der Waals e de ligações covalentes, podendo a sorção ser o processo de adsorção sobre uma superfície e dentro da camada superficial (ALBUQUERQUE et al., 2005).

As principais características da madeira que afetam a adesão e a colagem, segundo Albuquerque & Latorraca (2005), são a densidade, a porosidade, a permeabilidade, o pH, o teor de umidade, o tipo de grã, a textura, a topografia da superfície de colagem, o tipo de extrativo e a variabilidade das espécies.

3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização do material

Foram amostradas oito árvores de *Acacia mangium* Willd aos 17 anos de idade, plantadas em espaçamento de 3,0 x 2,0 m, procedente da Empresa Celulose Nipo-Brasileira S.A., CENIBRA, sediada no município de Belo Oriente, MG. Foi considerada a primeira tora a partir da base da árvore com três metros de comprimento cada uma. O método de desdobro empregado foi o tangencial com uma peça diametral. Uma peça central, incluindo a medula, com espessura aproximada de 5,0 cm, foi retirada de cada tora, visando à confecção dos corpos de prova. O método de desdobro tangencial encontra-se ilustrado na Figura 1.

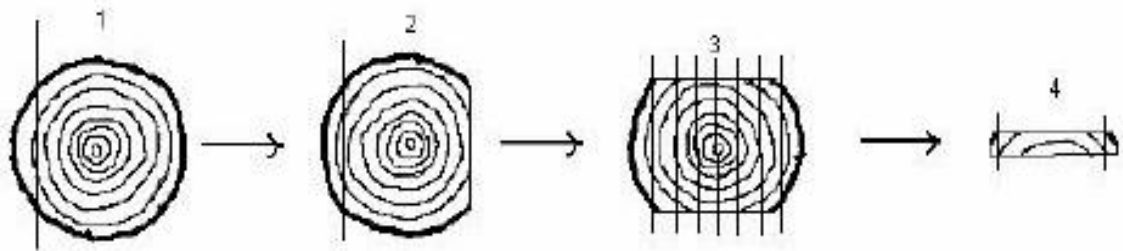


Figura 1 – Metodologia de desdobro tangencial.

Fonte: ROCHA & TRUGILHO (2006).

3.2. Propriedades físicas da madeira de *Acacia mangium* Willd

Foram determinadas a densidade básica e retratibilidade. Para a realização destes ensaios foram utilizadas 40 repetições e confeccionados corpos de prova nas dimensões de 20 x 20 x 30 mm, com a última medida no sentido das fibras. Os corpos de prova são ilustrados na Figura 2.

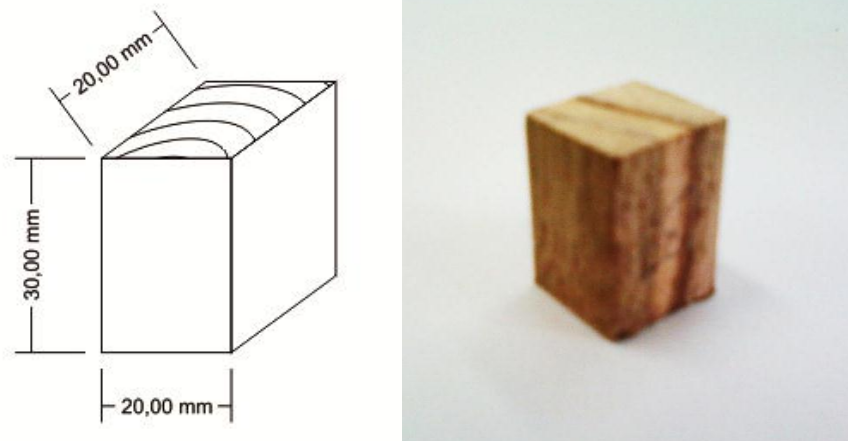


Figura 2 – Corpos de prova para ensaios das propriedades físicas da madeira

O método de determinação da densidade básica foi o de imersão baseado na variação do peso líquido, que é fundamentado pelo princípio de Arquimedes, em que a diferença de massa indicada na balança corresponde ao volume da amostra, dado que se considera a densidade da água igual a $1,00 \text{ g.cm}^{-3}$.

Primeiramente, as amostras foram saturadas em água por meio da aplicação de vácuo em dessecador, até que todos os “espaços vazios” da madeira em estudo fossem preenchidos por água. Em seguida, foram aferidos os volumes das amostras saturadas em uma balança com precisão de 0,01g.

As amostras saturadas foram colocadas em uma estufa de ventilação forçada a uma temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$, até que a massa permanecesse constante. Posteriormente, as amostras secas tiveram suas massas aferidas em uma balança.

Para determinar a contração volumétrica, as amostras foram saturadas em água e submetidas a vácuo. Os corpos de prova saturados tiveram suas dimensões aferidas e, em seguida, foram colocados em estufa de ventilação forçada até que a massa permanecesse constante. Após esse período de redução de massa, as medições nos sentidos radial e tangencial foram efetuadas com micrômetro digital, com precisão de 0,001 mm, nos locais previamente marcados. Por fim, foi determinado o fator anisotrópico total da madeira, por meio da divisão das contrações radiais pelas tangenciais.

3.3. Propriedades mecânicas da madeira de *Acacia mangium*

Foram determinadas as resistências à flexão estática, compressão paralela às fibras, cisalhamento e dureza.

Todas as propriedades mecânicas foram determinadas de acordo com o MB26 da ABNT (1940). Todos os ensaios foram realizados em máquina universal de ensaio com capacidade de 10 toneladas, com sistema de aquisição de dados automatizado, no Laboratório de Ciência da Madeira (LCM) pertencente ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo. As dimensões dos corpos de prova podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Dimensões dos corpos de prova para ensaios mecânicos

Ensaio mecânico	Dimensões (mm) (largura x espessura x comprimento)
Flexão estática	20 x 20 x 300
Compressão axial	20 x 20 x 30
Cisalhamento	50 x 50 x 64
Dureza	50 x 50 x 200

Após a realização dos ensaios mecânicos, foi determinada a umidade das amostras, objetivando o ajuste dos resultados ao padrão de 12% de umidade, conforme a Norma Brasileira Regulamentadora/NBR 7190 da ABNT (1997), utilizada para os resultados de ensaios realizados em diferentes umidades da madeira, contidos no intervalo entre 10% e 25%.

3.4. Avaliação da capacidade de adesão da madeira de *Acacia mangium*

Para determinar a capacidade adesão da madeira de *Acacia mangium* foram confeccionadas peças com dimensões 24 x 70 x 350 mm (espessura x largura x comprimento). Em seguida, as peças foram acondicionadas em câmara climática com controle automático de temperatura e umidade relativa do ar, a uma temperatura de 25°C e umidade relativa do ar de 60%, durante aproximadamente 30

dias para atingir umidade de 15%, efetuando periodicamente pesagens de amostras controle para assegurar que madeira estivesse na umidade desejada.

Após a climatização, as peças foram reduzidas para confecção das amostras para o ensaio de adesão, seguindo as recomendações da American Society for Testing and Materials ASTM D-905 (1994c).

As dimensões das peças foram reduzidas para aproximadamente 300 x 69 x 24 mm (comprimento x largura x espessura), pesadas e separadas aos pares com massas semelhantes, para posterior preparo da face de colagem devidamente aplainada e confecção das juntas com dimensões finais de 300 x 65 x 20 mm (comprimento x largura x espessura).

Foram utilizados dois adesivos; um termofixo à base de resorcinol-formaldeído (Cascofen RS-216-M) e um termoplástico à base de acetato de polivinila (Cascorez 2500), produzidos pela Empresa Hexlon™. Para o adesivo Cascofen RS-216-M foram adicionados conforme recomendações do fabricante 20% do Preparado Endurecedor FM-60-M (catalisador para secagem a frio) e 5% de álcool para melhorar a penetração da cola na madeira. Para o Cascorez 2500 foram adicionados 5% do Catalisador CL. Para facilitar a avaliação de falha na madeira, foi incorporado à mistura anilina na coloração verde.

Foram aplicados 300 g.m⁻² de adesivo em linha de cola dupla com o auxílio de pincel. Após aproximadamente 15 minutos, as juntas coladas foram prensadas em uma máquina universal de ensaios de 10 toneladas em um período de seis horas e uma pressão constante de 12 kgf.cm⁻² à temperatura de 25° C, de acordo com especificações dos fabricantes dos adesivos. A Figura 3 ilustra a etapa de prensagem das juntas coladas na máquina universal de ensaios.



Figura 3 – Prensagem das juntas coladas

Após a etapa da prensagem, as juntas foram encaminhadas à câmara climática, onde permaneceram por mais 30 dias (período de cura do adesivo). Posteriormente, foram confeccionados os corpos de prova, de acordo com a ASTM D-905 (1994c). Realizaram-se os ensaios de resistência ao cisalhamento por compressão da linha de cola na máquina universal de ensaios de 10 toneladas.

A avaliação do percentual de falhas da madeira ocorrida nas juntas foi realizada com o auxílio de uma malha quadriculada transparente confeccionada para cobrir a área colada submetida ao cisalhamento. A utilização desta malha possibilitou distribuir visualmente a área colada em 10 linhas e 10 colunas, em que cada quadro cobria 1% da superfície, conforme proposto por Buligon (2011). A Figura 4 ilustra a malha quadriculada transparente utilizada na avaliação do percentual de falhas.

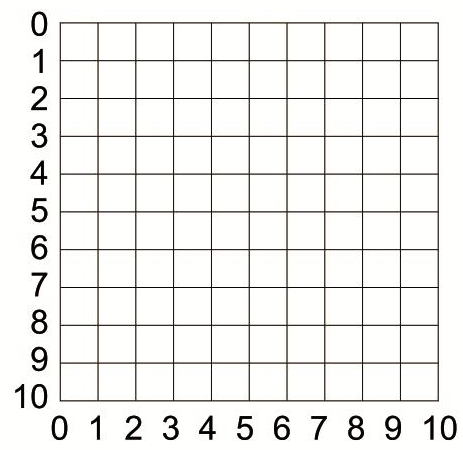


Figura 4 – Malha quadriculada para avaliação do percentual de falhas

4. RESULTADOS DA PESQUISA

4.1. Propriedades físicas da madeira de *Acacia mangium*

Na Tabela 2, encontram-se os resultados dos ensaios das propriedades físicas da madeira de *Acacia mangium*.

Tabela 2 – Propriedades físicas da madeira de *Acacia mangium*

Propriedades Físicas		Média	Mínima	Máxima
Densidade Básica (g.cm ⁻³)		0,466 (4,037)*	0,432	0,504
Contrações	Radial (%)	3,102 (34,470)	2,385	7,751
	Tangencial (%)	6,167 (7,938)	4,967	8,178
	Fator anisotrópico (%/%)	2,093 (16,365)	0,791	2,517

* Coeficiente de variação (%).

O valor de densidade básica da madeira de *Acacia mangium* estudada foi de 0,466 g.cm⁻³. Segura et al. (2010) encontraram para uma madeira de mesma espécie com seis anos de idade plantada no Brasil uma densidade média de 0,522 g.cm⁻³. Vale et al. (1999) encontraram para madeira de Acácia de sete anos de idade plantada em Botucatu, SP, densidade média de 0,524 g.cm⁻³. Antunes et al. (2009) encontraram densidade básica ponderada de 0,494 g.cm⁻³ para uma madeira de *Acacia mangium* Willd com seis anos de idade plantada na Indonésia. Alencar et al. (2001) encontraram densidade média de 0,404 g.cm⁻³ para uma madeira de *Acacia mangium* plantada na Malásia.

Pode-se verificar que, em comparação com as literaturas acima citadas, a densidade básica média da madeira estudada apresentou um valor abaixo das demais médias. Segundo Bassa (2002), apud Almeida (2003), plantios com madeira de maiores taxas de crescimento tendem a produzir madeira com menor densidade

básica, em função do ritmo de crescimento deste plantio, sendo este comportamento observado para a espécie em estudo.

De acordo com Cutler et al. (2008), a densidade da madeira é controlada pela espessura de parede celular e umidade contido nas amostras, que variam em função da localização dentro da árvore, da posição no anel de crescimento e pelo grau em que uma amostra de madeira secou.

Logo, a madeira de acácia em estudo apresentou densidade básica baixa e o resultado pode ter sido afetado pela variação da espessura de parede celular existente dentro da árvore causado pelo rápido crescimento.

Para o ensaio de retratibilidade, a madeira em estudo apresentou para contração radial e tangencial valores médios de 3,102% e 6,167%, respectivamente. No entanto, a variação dimensional da madeira ocorre conforme a espécie, mas em média a contração radial varia entre 3,0 e 6,0% e a contração tangencial varia entre 7,0 e 14,0%, segundo Oliveira (2007).

Ouypornprasert et al. (2005) encontraram para *Acacia mangium* com idade 10 e 15 anos, contrações tangencial e radial de 3,14% e 3,46%, respectivamente. Observa-se que a contração radial atingiu um valor próximo ao do autor, enquanto a contração tangencial apresentou um valor bem superior ao encontrado pelo autor.

Na Tabela 3 estão os valores médios para as contrações radial e tangencial de madeiras comerciais nativas e exóticas com densidades básicas próximas aos valores encontrados para a *Acacia mangium*.

Tabela 3 – Propriedades físicas de madeiras comerciais

Nome comercial Espécie	Densidade básica (g.cm ⁻³)	Contração		
		Radial (%)	Tangencial (%)	Fator Anisotrópico (%/%)
Cedro <i>Cedrela spp.</i>	0,440	4,0	6,2	1,55
Oiticica-amarela <i>Clarisia racemosa</i>	0,467	2,2	4,4	2,00
Eucalipto grandis <i>Eucalyptus grandis</i>	0,420	5,3	8,7	1,64
Pinus <i>Pinus elliotii</i>	0,400	3,4	6,3	1,85
Acácia <i>Acacia mangium</i>	0,466	3,1	6,2	2,09

Fonte: adaptado do IPT (1989).

Comparando os valores de densidade básica (Tabela 3), observa-se que a madeira de Acácia em estudo apresentou relação entre densidade básica e contração semelhante aos exemplos citados, principalmente quando comparada à madeira de oiticica-amarela cuja densidade básica possui o mesmo valor, porém suas contrações foram inferiores em relação às encontradas.

Comparando-se a espécie em estudo com o pinus e o cedro, a madeira de acácia apresentou relativa semelhança, embora o pinus possua uma densidade básica inferior e o cedro superior ao da acácia.

Conforme Oliveira (2007), o fator anisotrópico varia de 1,3 a 1,4 para madeiras mais estáveis, a mais de 3,0 como no caso de algumas madeiras pertencentes ao gênero *Eucalyptus*. Sendo assim, a madeira deste estudo pode ser considerada de mediana estabilidade dimensional.

4.2. Propriedades mecânicas da madeira de *Acacia mangium*

Os valores médios para os ensaios mecânicos da madeira de *Acacia mangium* a 12% de umidade encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Propriedades mecânicas da madeira de *Acacia mangium* Willd

Propriedades Mecânicas,		
Flexão estática	MOR (kgf.cm ⁻²)	1.256 (9,805)*
	MOE (kgf.cm ⁻²)	101.640 (8,526)
	Trabalho (J)	12 (40,018)
Compressão axial	Tensão de compressão (kgf.cm ⁻²)	801 (7,798)
Cisalhamento	Tensão de cisalhamento (kgf.cm ⁻²)	102 (29,415)
	Paralela às fibras (kgf.cm ⁻²)	426 (11,618)
	Tangencial (kgf.cm ⁻²)	318 (21,085)
Dureza	Radial (kgf.cm ⁻²)	373 (8,130)

* - Coeficiente de variação (%).

De acordo com a Tabela 4, foi obtido para a madeira de acácia um módulo de elasticidade de 101.640 kgf.cm⁻². Ouypornprasert et al. (2005) encontraram para *Acacia mangium* plantada na Malásia de idade 10 e 15 anos um módulo de elasticidade de 198.479 kgf.cm⁻².

Os mesmos autores obtiveram no ensaio de compressão axial 496 kgf.cm⁻², valor inferior aos 801 kgf.cm⁻² obtidos para a madeira de *Acacia mangium* de 17 anos proveniente do Vale do Rio Doce.

Na Tabela 5 encontra-se uma forma de classificação das madeiras segundo os valores obtidos para suas propriedades mecânicas, de acordo com Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis/IBAMA (2011).

Tabela 5 – Classificação da madeira conforme as propriedades mecânicas

Propriedade Mecânica	Baixa	Média	Alta
Módulo de Ruptura (kgf.cm ²)	< 662	661 < x < 697	> 697
Módulo de Elasticidade (kgf.cm ²)	< 96.000	96.000 < x < 131.000	> 131.000
Compressão Axial (kgf.cm ²)	< 298	298 < x < 492	> 492
Cisalhamento (kgf.cm ²)	< 78	78 < x < 117	> 117
Dureza Paralela às Fibras (kgf.cm ²)	< 364	364 < x < 802	> 802

Fonte: IBAMA (2011).

Utilizando-se de classificação apresentada acima, tem-se que a madeira de *Acacia mangium* de 17 anos proveniente do Vale do Rio Doce, MG, possui alto módulo de ruptura, módulo de elasticidade médio, resistência à compressão axial alta, resistência ao cisalhamento média e dureza paralela às fibras média, podendo ser considerada uma madeira de resistência mecânica média.

4.3. Avaliação da capacidade de adesão da madeira de *Acacia mangium*

Na Tabela 6 estão os dados obtidos no ensaio de resistência ao cisalhamento por compressão na linha de cola e na avaliação do percentual de falha na madeira das amostras.

Tabela 6 – Resistência ao cisalhamento por compressão na linha de cola e falha na madeira de *Acacia mangium*

Adesivo	Tensão de Cisalhamento (kgf.cm ²)	Falha na Madeira (%)
Cascophen RS-216-M	85 a (14,229)*	64 a (29,761)
Cascorez 2500	62 b (19,920)	04 b (133,755)

* - Coeficiente de variação (%). Na mesma coluna as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Tukey; $p > 0,01$).

Pode-se observar na Tabela 6 que o adesivo termoplástico Cascophen RS-216-M atingiu valor superior de resistência ao cisalhamento em relação ao termofixo Cascorez 2500.

Comparando-se a resistência ao cisalhamento da madeira sólida de acácia, a 12% de umidade, cuja tensão máxima foi de 102 kgf.cm², aos resultados da Tabela 5 para a resistência ao cisalhamento na linha de cola, verifica-se que os dois adesivos apresentaram resistência na linha de cola inferior ao da madeira sólida.

De acordo com a ASTM D-2559 (1994a), as resistências das juntas coladas não podem ser inferiores à resistência ao cisalhamento da madeira sólida, quando a madeira for utilizada em estruturas expostas às condições de serviço.

Quanto ao percentual de falhas na madeira, o adesivo Cascophen RS-216-M apresentou maior facilidade de adesão do adesivo à madeira em comparação à Cascorez 2500, na qual ocorreram apenas pequenas perdas de madeira na linha de cola, sem causar falhas na madeira. Os percentuais de falhas na madeira dos adesivos utilizados diferiram entre si no Teste de Tukey a 1% de significância.

Deve-se destacar, entretanto, que o valor de falha na madeira para o adesivo a base de fenol-formaldeído atende à ASTM D-3110 (1994b), que exige um valor médio superior a 60%, enquanto que o adesivo a base de acetato de polivinila não atendeu à mesma normativa.

5. CONCLUSÕES

- Ao determinar as propriedades físicas da madeira de *Acacia mangium* Willd proveniente do Vale do Rio Doce, MG, com idade de 17 anos, constatou-se que a mesma possui densidade básica baixa e estabilidade dimensional mediana.
- Os valores médios das resistências mecânicas estudadas fornecem a madeira de *Acacia mangium* uma classificação de resistência moderada.
- O adesivo termofixo à base de resorcinol-formaldeído apresentou melhor desempenho quanto à resistência ao cisalhamento da linha de cola em relação ao adesivo termoplástico à base de acetato de polivinila.
- A resistência ao cisalhamento na linha de cola dos adesivos termofixo e termoplástico foram inferiores ao observado para a madeira sólida de acácia.
- O valor de falha na madeira para o adesivo à base de fenol-formaldeído testado está de acordo com os padrões estabelecidos pela norma da Associação Americana de Normas Técnicas (American Standards Technical Materials), para usos estruturais, enquanto que o adesivo à base de acetato de polivinila não obteve valor mínimo para esta classificação.
- Por meio da análise dos dados obtidos, pode-se inferir que a madeira de *Acacia mangium* pode ser utilizada em movelaria, confecção de portas, lambris, pisos e laminação, além de brinquedos de madeira e pequenos objetos de madeira (POMs).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALBINO, V. C. S.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Estudo da interface madeira-adesivo de juntas coladas com resorcinol-formaldeído e madeira de *Eucalyptus grandis* w. Hill ex Maiden. **Revista Scientia Flotestalis**. Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 509-516, 2010.

ALBUQUERQUE, C. E. C.; LATORRACA, J. V. F. Colagem varia de acordo com propriedades da madeira. **Revista da madeira**, Itajaí, n. 88. 2005.

ALBUQUERQUE, C. E. C.; IWAKIRI, S.; JÚNIOR, S. K. Adesão e adesivos. In: IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF. 2005. 247 p.

ALENCAR, G. S. B.; BARRICHELO, L. E. J.; SILVA JUNIOR, F. G. Qualidade da madeira de híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* e a seleção precoce. In: CONGRESSO ANUAL DA ABTCP, 34., São Paulo, 2001. **Anais...** São Paulo: ABTCP, 2001.

ALMEIDA, F. S. **Influência da carga alcalina no processo de polpação Lo-solids para madeiras de eucalipto.** 2003. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. Standard specification for adhesives for structural laminated wood products for use under exterior (wet use) exposure conditions. ASTM D-2559. **Annual book of ASTM Standards**, v.15.06, p.154 – 158, 1994a.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. Standard specification for adhesives used in nonstructural glued lumber products. ASTM D-3110. **Annual book of ASTM Standards**, v.15.06, p.184 – 192, 1994b.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. Standard test method for strength properties of adhesive bonds in shear by compression loading.

ASTM D-905. **Annual book of ASTM Standards**, Philadelphia, v.15.06, p.20-26, 1994c.

ANTUNES, F. S. **Avaliação da qualidade da madeira das espécies *Acacia crassicarpa*, *Acacia mangium*, *Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus globulus* e *Populus tremuloides***. 2009. 83p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

ARRUDA, E. L. **Avaliação do potencial energético e ativação de carvões de *Acácia (Acacia mangium Willd)*, de Guachapelle (*Pseudosamanea guachapelle Kunth ex Hams*) e de Eucalipto (*Eucalyptus grandis Hill ex Maiden*) em vapor d'água superaquecido**. 2008. 34p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **MB-26**: ensaios físicos e mecânicos da madeira. Rio de Janeiro, 1940. 16p.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2011, ano base 2010**. Brasília: ABRAF, 2011. 130 p.

BARCELLOS, D. C.; COUTO, L. C.; MÜLLER, M. D.; COUTO, L. O estado-da-arte da qualidade da madeira de eucalipto para produção de energia: um foco nos tratamentos silviculturais. **Biomassa & Energia**, Botucatu, v. 2, n. 2, p. 141-158, 2005.

BARRICHELO, L. E. G. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de *Eucalyptus spp*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1992, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 1992. p. 726-731.

BULIGON, E. A. **Características físico-mecânicas de painéis de lâminas paralelas reforçados com fibra de vidro**. 2011. 96 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

CALIL JÚNIOR, C.; BARALDI, L.T.; STAMATO, G. C.; FERREIRA, N. S. S. **Estruturas de madeira**. São Carlos: USP – Departamento de Engenharia de Estruturas, 2000. 101 p.

CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; PEREIRA, F. A. Adesivos e sua importância na indústria madeireira. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro II**. Vitória: Gráfica Aquarius, 2007. p. 99-128.

CHIMELLO, J. **Anotações sobre anatomia e identificação de madeira**. São Paulo: IPT, 1980.

CHIMELO, J. Anatomia e propriedades gerais da madeira. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Jerônimo Monteiro: Suprema Gráfica e Editora, 2007. p. 107-124.

DOWNES, G. M.; HUDSON, I. L.; RAYMOND, C. A.; DEAN, G. H.; MICHELL, A. J.; SCHIMLECK, R.; EVANS, R.; MUNERI, A. **Sampling plantation eucalypts: for wood and fiber properties**. Melbourne: CSIRO, 1997. 126p.

DUBOIS, J. C. L. Manual agroflorestal para a Amazônia. **REBRAF**, v.1, Rio de Janeiro, 1996.

EUCALIPTO: Qualidade da madeira serrada de eucalipto. **Revista da Madeira**, Itajaí, n. 75, ago. 2003. Edição especial. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=413&subject=Qualidade&title=Qualidade%20da%20madeira%20serrada%20de%20eucalipto>. Acesso em: 18 out. 2011.

FERREIRA, C. A.; SILVA, F. P.; SILVA, M. D. D.; YARED, J. A. G.; CAPITANI, L. R.; SUITER FILHO, W. *Acacia mangium*: uma opção para reflorestamento? In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: SBS, 1990. p. 564-568.

FONSECA, F. A. **Produção de mudas de *Acacia mangium* Willd e *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula, em diferentes recipientes, utilizando compostos de resíduos urbanos, para a recuperação de áreas degradadas**. 2005. 74p.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.

JESUS, R. M.; DARIO, F. R.; DIAZ, M. P. Espaçamento em *Acacia auriculiformis*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993. Curitiba. **Anais...** São Paulo: SBS, 1993a. p. 286-288.

_____. Introdução de espécies/procedências de *Acacia*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993. Curitiba. **Anais...** São Paulo: SBS, 1993b. p. 137-139.

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.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Madeira: O que é e como pode ser processada e utilizada**. São Paulo, 1985. 189 p.

_____. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. 2a ed. São Paulo: IPT, 1989. 418 p.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H.E. Moore**. 2000. 291 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

LELLES, J. G.; SILVA, F. P.; SILVA, J. C. Caracterização do carvão vegetal produzido a partir da madeira *Acacia mangium*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 87-92, 1996.

LIMA JUNIOR, D. L.; PIRES, A. M.; MORAES, A. P.; PEIXOTO, E. J. S.; SILVA JUNIOR, C. A. O. **Madeira de lei**. Universidade do Amazonas - UNAMA. 27p. 2008. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/madeira-de-lei-pdf-a14501.html>>. Acesso em: 07 out. 2011.

LOPES, G. A.; GARCIA, J. N. Densidade básica e umidade natural da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith, de Itatinga, associadas aos padrões de casca apresentados pela população. **IPEF**, n, 62, p. 13-23, 2002.

MARTO, G. T.; BARRICHELO, L. E. G.; MULLER, P. H. **Identificação de *Acacia mangium***. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/acacia.mangium.asp>>. Acesso em: 05 mai. 2011.

MEIER-DÖRNBERG, J. Plantios florestais comerciais de *Acacia mangium* em Roraima. In: XAUD, H. A. M. (Org.). SEMANA DO ESTUDANTE, 2005, Boa Vista. Florestas e meio ambiente: **Resumo**. Boa Vista: EMBRAPA Roraima, 2005. 74p. (EMBRAPA Roraima. Documentos, 10).

MORESCHI, J. C. **Propriedades da madeira**. Ministério da Educação e do Desporto. Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. 175p. 2010.

NASCIMENTO, A. M.; LELIS, R. C. C.; COSTA, D. L.; OLIVEIRA, C. S. Comportamento de ligações adesivas em madeiras de reflorestamento. **Floresta e Ambiente**, v. 9, n. 1, p. 54-62, jan./dez. 2002.

OLIVEIRA, J. B.; VALE, A. T.; MELO, J. T. Caracterização mecânica e contração da madeira de *Sclerolobium paniculatum* Vogel cultivado em um plantio homogêneo sob diferentes níveis de adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 89-97, 2006.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 429f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

_____. Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias Aplicadas ao Setor Madeireiro II**. Vitória: Aquarius, 2007. p. 129-164.

OUYPORNPRASERT, W.; BOONYACHUT, W.; BOONYACHUT, S. *Acacia mangium* Willd as structural components and shear walls. **International Journal of Materials & Structural Reliability**, v. 3, n. 2, p 67986, set. 2005.

PASSOS, O. S.; LOBO, J. B. A.; VENTURA, O. S. P.; FUJIYAM, R. T. Estudos preliminares de juntas de madeira-madeira coladas com material polimérico: superfície de fratura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 17. Foz do Iguaçu, PR. 2006. **Anais...** Disponível em:

<www.metallum.com.br/17cbecimat/resumos/17Cbecimat-410-018.pdf>. Acesso em: 22 out. 2011.

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

SEGURA, T. E. S.; ZANZÃO, M.; SILVA Jr, F. G. Potencial da madeira de acácia para a produção de polpa celulósica Kraft. In: ENCONTRO NACIONAL DA TECNICELPA, 21., 2010, Lisboa, Portugal. **Anais...** Lisboa: TECNICELPA, 2010.

SILVA, F. P.; BORGES, R. C. G.; PIRES, I. E. Avaliação de procedências de *Acacia mangium* aos 63 meses de idade no Vale do Rio Doce. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n. 3, p. 299-308, 1996.

SILVA, F. P. Reflorestamento de acácia: Nova fonte de renda para o produtor florestal. **Revista da Madeira**, Itajaí, n. 117, nov. 2008. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1337&subject=Reflorestamento&title=Reflorestamento%20de%20ac%20cia:%20nova%20fonte%20de%20renda%20para%20o%20produtor%20florestal>. Acesso em: 16 out. 2011.

SILVA, J. C.; MATOS, J. L. M.; OLIVEIRA, J. T. S.; EVANGELISTA, W. V. Influência da idade e da posição radial na flexão estática da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 5, p. 795-799, 2005.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Wood handbook**: wood as an engineering material. Madison: Forest Products Laboratory, 1971. v. 1.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; CARVALHO, C. M.; VEIGA, R. A. A. Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden e *Acacia mangium* Willd em diferentes níveis de adubação. **Cerne**, Lavras, v. 6, n.1, p 83-88, 2000.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; MARTINS, I. S. Variação axial da densidade básica da madeira de *Acacia mangium* Willd aos sete anos de idade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 85-92, 1999.

YARED, J. A. G.; VIANA, R. M.; KANASHIRO, M. **Ensaio de procedências de *Acacia mangium* no planalto do Tapajós, Pará**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1990. 19p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 107).