

UFRRJ

INSTITUTO DE FLORESTAS

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

DISSERTAÇÃO

**Potencial madeireiro de espécies nativas utilizadas em
restauração ecológica**

Amanda Arantes Junqueira

2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

**POTENCIAL MADEIREIRO DE ESPÉCIES NATIVAS UTILIZADAS
EM RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA**

AMANDA ARANTES JUNQUEIRA

Sob a Orientação do Professor
Alexandre Monteiro de Carvalho

e Coorientação dos Professores
Alexandre Miguel do Nascimento
Djeison Cesar Batista

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia de Produtos Florestais

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2018

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

J95p Junqueira, Amanda Arantes, 1990-
Potencial madeireiro de espécies nativas
utilizadas em restauração ecológica / Amanda Arantes
Junqueira. - 2018.
51 f.: il.

Orientador: Alexandre Monteiro de Carvalho.
Coorientador: Alexandre Miguel do Nascimento.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em
Ciências Ambientais e Florestais, 2018.

1. Utilização madeireira em reserva legal. 2.
Madeira de espécies da Mata Atlântica;. 3.
Propriedades e processamento mecânico da madeira. I.
Carvalho, Alexandre Monteiro de, 1971-, orient. II.
Nascimento, Alexandre Miguel do, -, coorient. III
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e
Florestais. IV. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

AMANDA ARANTES JUNQUEIRA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de Concentração em Ciência e Tecnologia de Produtos Florestais.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 26/02/2018



Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho - UFRRJ
(Orientador)



Prof. Dr. José Reinaldo Moreira da Silva - UFLA



Prof. Dr. Roberto Carlos Costa Lelis - UFRRJ

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, em especial à minha mãe Monica Arantes.

AGRADECIMENTOS

À Monica Arantes, melhor mãe do mundo. Se cheguei até aqui foi por ela.

Ao povo brasileiro, por financiar os meus estudos.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela oportunidade de estudar em uma Universidade gratuita e de qualidade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais (PPGCAF), pela oportunidade de aprendizado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida durante o mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo auxílio financeiro.

Ao meu orientador, Professor Alexandre Monteiro de Carvalho, pela oportunidade e aprendizado.

Ao meu coorientador, Professor Djeison Cesar Batista, pela eterna paciência, aprendizado e contribuições durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu coorientador, Professor Alexandre Miguel do Nascimento, por me ouvir, aconselhar, incentivar e pela eterna paciência, bem como por todas as contribuições durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos membros da banca, Professor José Reinaldo Moreira da Silva e Professor Roberto Carlos Costa Lelis, pelas contribuições a este trabalho.

A todos os professores que tive durante essa trajetória, do ensino básico ao mestrado. Em especial ao professor Acácio Geraldo de Carvalho, por despertar em mim o desejo pela área acadêmica e à professora Vanessa Maria Basso, pelas orientações e conselhos.

Aos servidores da UFRRJ, em especial ao Dinaldo Eugenio, servidor do Laboratório de Processamento da Madeira/Instituto de Florestas.

A todos da minha família, em especial aos meus tios Claudinea Arantes, José Franck Arantes, Vanderlea Arantes e Marcos Arantes (*in memoriam*), meus primos Caroline Carvalho e Guilherme Costa, e meus irmãos Gabriel Junqueira e Eduardo Lopes, responsáveis pelas pontadas de saudade nos momentos menos oportunos possíveis. Agradeço por torcerem por mim, me apoiarem e darem força para que eu concluísse esta etapa.

Aos amigos Anne Santos, Ari Machado, Danilo Ataíde, Francisco Fabris, Hudson Motta e Karen Pecinato, pelas histórias, conselhos, companhia e ajuda em diversas etapas da minha dissertação. Em especial ao João Paulo Ramos, pela ajuda na coleta de dados. Vocês foram essenciais para que este trabalho fosse concluído.

Aos colegas de Pós-graduação, pela convivência e companheirismo.

A todos os amigos que construí durante os anos de Rural, que mesmo não sendo citados fizeram parte desta caminhada, fazendo esses anos mais divertidos e felizes, além de tornarem a saudade de casa mais suportável.

A todos vocês, todo meu amor e gratidão.

Muito obrigada!

RESUMO

JUNQUEIRA, Amanda Arantes. **Potencial madeireiro de espécies nativas utilizadas em restauração ecológica.** 2018. 51 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais, Ciência e Tecnologia de Produtos Florestais). Instituto de Florestas, Departamento de Produtos Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

A Lei nº 12.651 promulgada em 2012 (Nova Lei Florestal) tornou a restauração ecológica uma alternativa para a regularização ambiental de propriedades rurais. Em contrapartida, é garantida a exploração econômica da Reserva Legal restaurada, porém, pouco se sabe sobre o potencial madeireiro de espécies nativas utilizadas em restauração ecológica. O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o potencial da madeira de quatro espécies nativas utilizadas em restauração ecológica como matéria-prima para a indústria madeireira, a saber: *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taubert (canafístula), *Hymenaea courbaril* L. (jatobá), *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (jacarandá) e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (timboril). Foram coletadas quatro árvores por espécie, aos 12 anos de idade, em uma área de Reserva Legal no município de Anhembi – SP. Foi medido o DAP de cada árvore como indicador da produtividade de biomassa. Como indicadores do uso em processamento mecânico primário, foram medidas a conicidade e a porcentagem de casca das toras, e o rendimento em madeira serrada foi avaliado adotando-se um sistema de desdobro tangencial. Foi conduzida a secagem natural, avaliando-se os defeitos por meio do índice de rachaduras e alguns empenamentos (encurvamento, arqueamento e encanoamento), conforme adaptações de uma norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). As propriedades físicas (densidade básica, densidade aparente contração total) e mecânicas (flexão estática, compressão paralela às fibras e dureza Janka) foram determinadas conforme adaptações de uma norma da ABNT. O teste de inserção de pregos foi conduzido conforme o método do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. A qualidade das superfícies usinadas e lixadas foi avaliada por meio da avaliação visual considerando adaptações de uma norma da *American Standard for Testing and Materials* e por meio das rugosidades média (Ra), máxima (Rz) e total (Rt), obtidas com rugosímetro digital. A espécie com maior potencial madeireiro foi o jacarandá. O timboril teve o maior potencial para produção volumétrica de biomassa. A densidade da madeira das espécies canafístula, jacarandá e jatobá foi média, resultando em resistência mecânica satisfatória. A estabilidade dimensional da madeira de todas as espécies foi satisfatória, não representando limitação para a utilização na maioria dos produtos do processamento mecânico secundário. As espécies avaliadas tiveram bom desempenho quanto aos empenamentos (arqueamento, encurvamento e encanoamento), não representando limitação ao uso. O índice de rachaduras foi o defeito de secagem com maior limitação ao uso da madeira, em que melhores resultados foram obtidos para a espécie jacarandá. A qualidade das superfícies usinadas foi satisfatória, em que se recomenda o lixamento para o aumento da qualidade.

Palavras-chave: utilização madeireira em reserva legal; madeira de espécies da Mata Atlântica; propriedades e processamento mecânico da madeira.

ABSTRACT

JUNQUEIRA, Amanda Arantes. Wood **potential of native species used in ecological restoration**. 2018. 51 p. Dissertation (Master in Forest and Environmental Sciences, Science and Technology of Forest Products). Instituto de Florestas (Forests Institute), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro Federal Rural University), Seropédica, RJ, 2018.

The law n° 12.651 promulgated in 2012 (New Forest Law) made ecological restoration an option to regularize rural properties. On the other hand, it is possible to explore a restored legal reserve, but little is known about the wood potential of native species used in ecological restoration. The aim of this work was to evaluate the wood potential of four native species used in ecological restoration: *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taubert (canafístula), *Hymenaea courbaril* L. (jatobá), *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (jacarandá) e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (timboril). We collected four trees per species, with 12 years-old, from an area of Legal Reserve in the municipality of Anhembi, SP. We measured the breast high diameter as a performance indicator of wood productivity. As sawmilling indicators, we measured the logs' taper, percentage of bark and yield in live sawing. The wood was air-dried and some drying defects were measured (end splits and warps), according to adaptations of a Brazilian standard. Some physical (basic and apparent densities, total shrinkage) and mechanical (static bending, compression parallel do the fibers and Janka hardness) properties were measured, according to adaptations of a Brazilian standard. The nail fixing test was carried out according to a method of the Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. The machined and sanded surfaces were evaluated according to adaptations of an ASTM standard and some roughness parameters (Ra, Rz and Rt). Jacarandá had the best wood potential. The lumber yield was satisfactory for all species. Canafistula, jacaranda and jatobá were classified as average density, resulting in satisfactory mechanical resistance. The dimensional stability of all species was satisfactory, not representing use limitations in machined products. All the species had a good performance regarding drying defects, not representing limitations of use in machined products. End splits were the most severe drying defects. The machined surface quality was satisfactory but we recommend further sanding.

Keywords: use of wood from ecological restoration forest; wood from Mata Atlântica's species; properties and mechanical processing of wood.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Tipos de fratura no ensaio de flexão. | 8 |
| Figura 2 – Parâmetros indicadores de rugosidade: Ra, Rz e Rt. | 11 |
| Figura 3 – Corpo de prova com fixação de pregos e furações.. | 17 |
| Figura 4 – Medição da rugosidade com o rugosímetro TR 200. | 19 |
| Figura 5 – Correlação entre contração volumétrica (%) e densidade aparente (g.cm^{-3}) por espécie. | 23 |
| Figura 6 – Correlações entre densidade aparente (g.cm^{-3}) a as resistências ao cisalhamento (MPa), compressão paralela às fibras e dureza (perpendicular e paralela às fibras). | 28 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Resumo dos ensaios mecânicos para as quatro espécies | 15 |
| Tabela 2 – Médias de DAP, porcentagem de casca, conicidade e rendimento em madeira serrada por espécie..... | 20 |
| Tabela 3 – Médias da densidade básica, densidade aparente, contração total e coeficiente de anisotropia por espécie | 22 |
| Tabela 4 – Frequência de peças (%) com índice de rachaduras e média do índice de rachaduras conforme classes de amplitude | 24 |
| Tabela 5 – Frequência de peças com arqueamento, por espécie, conforme classes de amplitude | 25 |
| Tabela 6 – Frequência de peças com encurvamento, por espécie, conforme classes de amplitude | 25 |
| Tabela 7 – Frequência de peças com encanoamento, por espécie, conforme classes de amplitude | 26 |
| Tabela 8 – Porcentagem de peças com rachaduras de superfície, nós e peças livres de defeitos, por espécie | 26 |
| Tabela 9 – Médias dos ensaios mecânicos por espécie | 27 |
| Tabela 10 – Porcentagem de peças por tipo de fratura na face lateral e face tracionada no ensaio de flexão estática, por espécie | 29 |
| Tabela 11 – Medianas das operações de aplainamento a favor e contra as fibras, lixamento, furação (para cavilha e dobradiça) e furação lateral..... | 29 |
| Tabela 12 – Médias de Ra, Rz e Rt nas operações de lixamento e aplainamento (concordante e discordante), por espécie | 30 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 OBJETIVOS | 2 |
| 2.1 Geral..... | 2 |
| 2.2 Específicos | 2 |
| 3 REVISÃO DE LITERATURA | 3 |
| 3.1 Mata Atlântica..... | 3 |
| 3.2 Restauração Ecológica no Brasil..... | 3 |
| 3.3 <i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taubert..... | 5 |
| 3.4 <i>Hymenaea courbaril</i> L. | 5 |
| 3.5 <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. | 6 |
| 3.6 <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong..... | 7 |
| 3.7 Propriedades da Madeira..... | 7 |
| 3.8 Industrialização da Madeira | 9 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS | 12 |
| 4.1 Área de Coleta do Material e Amostragem..... | 12 |
| 4.2 Desdobro das Toras..... | 12 |
| 4.3 Avaliação dos Defeitos da Secagem Natural e Nós | 13 |
| 4.4 Propriedades Físicas..... | 14 |
| 4.5 Propriedades Mecânicas..... | 15 |
| 4.6 Usinagem da Madeira e Lixamento | 17 |
| 4.7 Rugosidade..... | 18 |
| 4.8 Análise Estatística | 19 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 20 |
| 5.1 DAP, Porcentagem de Casca, Conicidade e Rendimento em Madeira Serrada..... | 20 |
| 5.2 Propriedades Físicas..... | 21 |
| 5.3 Defeitos da Secagem Natural | 24 |
| 5.4 Propriedades Mecânicas..... | 26 |
| 5.5 Qualidade das Superfícies Usinadas | 29 |
| 6 CONCLUSÕES | 32 |
| 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 33 |

1 INTRODUÇÃO

O interesse em recuperar áreas degradadas e incrementar a produção madeireira tem intensificado a procura pelas espécies nativas (PEREIRA et al., 2013). Isso se deve principalmente à promulgação da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, conhecida como Nova Lei Florestal, que chama atenção à área destinada a Reserva Legal, trazendo a recomposição florestal como alternativa para a regularização das propriedades rurais (BRASIL, 2012).

No Brasil, considerando a adequação à legislação, estima-se que a área total a ser restaurada chegue a 21 milhões de hectares, dos quais, 78% (16,4 milhões de ha) representam áreas de Reserva Legal (SOARES-FILHO et al., 2014). No entanto, sabe-se que são altos os custos referentes aos projetos de restauração, o que torna necessária a criação de estratégias rentáveis e de baixo custo.

A possibilidade de se obter retorno financeiro em projetos de restauração é prevista na Nova Lei Florestal, a qual garante o direito à exploração econômica das áreas restauradas aos proprietários que optarem por recompor a Reserva Legal. A Lei ainda prescreve que "a área recomposta com espécies exóticas não poderá exceder a 50% (cinquenta por cento) da área total a ser recuperada" (BRASIL, 2012). Essa situação torna necessário definir quais espécies tradicionalmente exploradas em florestas nativas possuem potencial de produção em áreas de restauração (SILVA, 2013). Isso é um desafio, visto que apesar do potencial, são escassos os estudos referentes às espécies nativas (GOULART et al., 2012), principalmente em condições de restauração ecológica. Todavia, essa escassez é admissível pois a Nova Lei Florestal ainda é recente.

Visando suprir essa falta de informações sobre o potencial madeireiro de áreas de restauração ecológica, alguns trabalhos foram desenvolvidos utilizando avaliações não-destrutivas de algumas espécies (SILVA, 2013; SILVA et al., 2017; XAVIER, 2016). As espécies nativas têm possibilidade de múltiplos usos e características favoráveis de adaptação às condições ambientais. Para potencializar o uso de espécies nativas utilizadas em restauração ecológica, principalmente as menos estudadas, faz-se necessário conhecer as propriedades da madeira (anatômicas, químicas, físicas e mecânicas), bem como o comportamento das mesmas durante o processamento.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o potencial da madeira de quatro espécies nativas utilizadas em restauração ecológica como matéria-prima para a indústria madeireira, a saber: *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taubert, *Hymenaea courbaril* L., *Jacaranda cuspidifolia* Mart. e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.

2.2 Específicos

Para as quatro espécies, foram delineados os seguintes objetivos específicos:

- Determinar o DAP e a porcentagem de casca.
- Avaliar a conicidade e o rendimento em madeira serrada.
- Analisar alguns defeitos da secagem natural.
- Determinar as propriedades físicas e mecânicas da madeira.
- Avaliar a qualidade das superfícies usinadas e lixadas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Mata Atlântica

No bioma da Mata Atlântica encontra-se a maior parte das terras cultivadas do Brasil e cerca de 125 milhões de habitantes (LAPOLA et al., 2014). No início da colonização brasileira, a Mata Atlântica cobria cerca de 150 milhões de ha em condições ambientais com alta heterogeneidade (RIBEIRO et al., 2009), sendo considerada uma das maiores florestas tropicais do planeta (SILVA; CASTELETI, 2005).

Acredita-se que a Mata Atlântica possuía de 1% a 8% da biodiversidade mundial (SILVA; CASTELETI, 2005). No entanto, após diversos ciclos econômicos, que resultaram, no atual cenário de degradação (PINTO et al., 2014), estima-se uma cobertura remanescente de 22%, dos quais apenas cerca de 8,5% estão conservados em fragmentos acima de 100 hectares (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018). Isso faz da Mata Atlântica um *hotspot* de biodiversidade extremamente ameaçado (LAPOLA et al., 2014).

A degradação em extensas paisagens tropicais justifica a necessidade de iniciativas de restauração em larga escala (PINTO et al., 2014), visto que é uma das medidas sugeridas para a conservação dos biomas (RIBEIRO et al., 2009). A Mata Atlântica não fornece mais quantidades significativas de madeira, o que teve como consequência o aumento no valor da madeira de espécies nativas. Esse contexto pode tornar economicamente viável a produção de madeira de espécies nativas por meio de restauração (BRANCALION et al., 2012). Portanto, a degradação ambiental torna a restauração ecológica uma área de pesquisa de extrema importância, além de estar se tornando parte essencial da política ambiental (OVERBECK et al., 2013).

3.2 Restauração Ecológica no Brasil

O termo restauração foi citado pela primeira vez na legislação brasileira no Código Florestal de 1934, no qual a indenização proveniente de infrações florestais seria aplicada no replantio ou na restauração da floresta (BRASIL, 1934). O Código de 1934 foi revogado pelo Código Florestal de 1965 (BRASIL, 1965), mas não trouxe avanços no que diz respeito à restauração ecológica.

O Código Florestal de 1965 foi alterado ao longo da década de 1990, bem como nas décadas subsequentes, por meio de uma série de decretos presidenciais (SOARES- FILHO et al., 2014). Em 2001, foram incluídos alguns esclarecimentos referentes à restauração no Código Florestal de 1965, por meio da Medida Provisória (MP) nº 2.166-67 (BRASIL, 2001). Essa MP tornou obrigatória a conservação da vegetação nativa nas propriedades rurais, separando uma área de Reserva Legal de 80% na Amazônia e 20% nos outros biomas (BRASIL, 2001). Ainda na MP de 2001, foi prevista a recomposição florestal da área de Reserva Legal, visando à restauração do ecossistema original.

No entanto, apesar dos decretos e medidas provisórias visarem suprir as lacunas do Código Florestal de 1965, o cumprimento da legislação se mostrava pouco tangível, o que subsidiou diversas discussões sobre a reformulação do Código Florestal. Em 2012, toda a legislação referente ao Código de 1965 foi revogada com a promulgação da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, chamada de Nova Lei Florestal. Esta lei chama atenção no que diz respeito à área destinada a Reserva Legal, trazendo a recomposição florestal como alternativa para a regularização da propriedade. Além disso, a lei de 2012 garante que os proprietários que optarem por recompor a Reserva Legal tenham direito à sua exploração econômica (BRASIL, 2012).

O artigo 3º da Nova Lei Florestal estabelece que a área de Reserva Legal tem “a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural” (BRASIL, 2012). Os recursos naturais tratados na lei são descritos como:

Silvicultura; exploração econômica da madeira ou lenha e subprodutos florestais; importação ou exportação da fauna e flora nativas brasileiras; atividade de criação e exploração econômica de fauna exótica e de fauna silvestre; utilização do patrimônio genético natural; exploração de recursos aquáticos vivos; introdução de espécies exóticas, exceto para melhoramento genético vegetal e uso na agricultura; introdução de espécies geneticamente modificadas previamente identificadas pela CTNBio como potencialmente causadoras de significativa degradação do meio ambiente; uso da diversidade biológica pela biotecnologia em atividades previamente identificadas pela CTNBio como potencialmente causadoras de significativa degradação do meio ambiente (BRASIL, 2005).

O artigo supracitado torna possível a exploração econômica da Reserva Legal, desde que o manejo sustentável tenha sido aprovado pelo órgão competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA (BRASIL, 2012). No entanto, para o Comitê Brasil em Defesa das Florestas e do Desenvolvimento Sustentável (2012), na prática, o manejo florestal sustentável inexistente fora do bioma Amazônico. Além disso, "o manejo florestal sustentável precisa ser intensificado, para possibilitar a recuperação ou permitir o desenvolvimento de políticas públicas que facilitem o financiamento da recuperação dessas áreas". Fato que destaca mais um desafio que o País enfrenta no que diz respeito ao cumprimento da Nova Lei Florestal.

O Comitê Brasil em Defesa das Florestas e do Desenvolvimento Sustentável (2012) destaca que uma das formas de viabilizar os projetos de restauração ecológica é a utilização do próprio retorno financeiro resultante da exploração da Reserva Legal. De acordo com a Nova Lei Florestal, a área recomposta com espécies exóticas não pode exceder a 50% da área total a ser recuperada (BRASIL, 2012). Cabe destacar a importância de investimentos no que diz respeito à obtenção de informações de espécies nativas adequadas a restauração, bem como a identificação das espécies com maior potencial de exploração econômica.

Entre as várias espécies utilizadas em projetos restauração ecológica, *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taubert, *Hymenaea courbaril* L., *Jacaranda cuspidifolia* Mart. e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong têm sido tradicionalmente utilizadas (CAMPOE et al., 2014). Para essas espécies, são vários os trabalhos sobre germinação e sobrevivência de mudas no campo, principalmente por serem espécies potenciais para projetos de restauração (CAMPOE et al., 2014; DUTRA et al., 2016; MEDEIROS et al., 2016; MOROZESK et al., 2014; SILVA et al., 2017). No caso do *Enterolobium contortisiliquum*, também foram encontrados trabalhos sobre suas propriedades tóxicas (MIRANDA et al., 2015; OLINDA et al., 2015) e; para *Jacaranda cuspidifolia*, sobre suas propriedades medicinais (MOSTAFA et al., 2015; YUAN et al., 2017).

Porém, trabalhos sobre as propriedades da madeira dessas espécies ainda são escassos. Conforme Valente et al. (2013), apesar da diversidade botânica, as pesquisas no Brasil têm se concentrado nas espécies exóticas, principalmente dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, por causa da importância econômica dessas espécies para as indústrias madeireiras do País. Além disso, os poucos trabalhos avaliando potencial tecnológico em área de restauração utilizaram madeira de árvores de florestas nativas ou plantios homogêneos e; a maioria das informações em área de restauração foram de análises não-destrutivas (SILVA, 2013; SILVA et al., 2017; XAVIER, 2016).

3.3 *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taubert

A espécie *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taubert, de nome popular “canafístula”, pertence à família Fabaceae, subfamília Caesalpinioideae (DUTRA et al., 2016), também é conhecida como “farinha-seca”, “faveira”, “sobrasil”, “tamboril-bravo”, “guarucaia”, “ibirá-puitá” e tem como sinônímia botânica os seguintes: *Peltophorum vogelianum* Benth., *Caesalpinia dubia* Spreng. e *Brasiletto dubia* (Spreng.) Kuntze (LORENZI, 2014). A canafístula é uma espécie de hábito arbóreo, distribuída da Mata Atlântica e na floresta tropical semicaducifólia nos estados de Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul (MATOS et al., 2015). Também tem ampla ocorrência nas florestas tropicais e subtropicais da América do Sul (MORI et al., 2013).

É considerada uma espécie rústica e heliófila, sendo adequada para reflorestamentos mistos de áreas degradadas e dotada de potencial para utilização em sistemas produtivos em escala comercial (CURTI; REINIGER, 2014). É frequentemente utilizada em restauração ecológica (VERONESI et al., 2014), sendo considerada uma opção para a restauração de áreas úmidas (LORENZI, 2014), mas também tem sido recomendada para arborização urbana (DUTRA et al., 2016).

A espécie tem tronco cilíndrico, de retilíneo a levemente curvo, achatado e com base acanalada (CARVALHO, 2002), podendo atingir 20 m de altura e 90 cm de diâmetro à altura do peito (MATOS et al., 2015). A canafístula se destaca de outras espécies nativas pelo seu rápido crescimento (CURTI; REINIGER, 2012).

Conforme dados do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT (1989), a madeira de canafístula possui o cerne com alternâncias irregulares de cor, róseo-acastanhado e bege-rosado-escuro, frequentemente com veios escuros, irregulares; alborno diferenciado do cerne, róseo-claro, levemente amarelado; textura média a grossa; grã altamente revessa e diagonal; superfície irregularmente lustrosa e um tanto grosseira ao tato; cheiro e gosto imperceptíveis; a permeabilidade é baixa, por causa da obstrução parcial dos vasos por óleorresina.

A madeira de canafístula em área de floresta natural é considerada moderadamente pesada, com densidade de $0,69 \text{ g.cm}^{-3}$ (DUTRA et al., 2016), sujeita ao empenamento durante a secagem (IPT, 1989). Para árvores de povoamento florestal aos dez anos de idade, Vivian et al. (2010) reportaram densidade aparente e densidade no ponto de saturação das fibras iguais a $0,65 \text{ g.cm}^{-3}$ e $0,75 \text{ g.cm}^{-3}$, respectivamente. Para plantio homogêneo aos 28 anos de idade, Lima et al. (2015) verificaram densidade básica de $0,46 \text{ g.cm}^{-3}$. Em média, a contração volumétrica total é de 12,5% (IPT, 1989).

Com relação à resistência mecânica, a compressão paralela às fibras tem limite de resistência de 54 MPa e a flexão estática igual 95 MPa (ambas a 12% de umidade); para o cisalhamento e dureza (condição saturada), 13 MPa e 68 MPa, respectivamente; portanto, a resistência mecânica da espécie é média (IPT, 1989). A resistência da madeira de canafístula ao apodrecimento é moderada e pode ser utilizada como mourões, dormentes e cruzetas (IPT, 1989), construção civil e naval, indústria moveleira, atividades de marcenaria e carpintaria (VIVIAN et al., 2010) e carroceria de caminhões (DUTRA et al., 2016).

3.4 *Hymenaea courbaril* L.

A *Hymenaea courbaril* L., é uma espécie pertencente à família Fabaceae (BARBIERI JÚNIOR et al., 2007), subfamília Caesalpinioideae (CAMPOS; UCHIDA, 2002). Também é conhecida como “jatobá”, “jataí”, “jataí-amarelo”, “jataí-vermelho”, “farinheira”, “jataíba”, “jatobá-miúdo”, “jatobá da caatinga” e tem como sinônímia botânica os seguintes:

Hymenaea stilbocarpa Hayne, *Hymenaea splendida* Vogel e *Hymenaea confertifolia* Hayne (LORENZI, 2014).

A distribuição do jatobá vai desde o México, passando pela América Central, ocorrendo abundantemente na Amazônia, chegando até São Paulo (CAMPOS; UCHIDA, 2002); no Brasil, ocorre do Piauí até o norte do Paraná (LORENZI, 2014). É uma espécie de fácil multiplicação e por isso muito utilizada em reflorestamentos (BARBIERI JÚNIOR et al., 2007), atingindo altura de 15-20 m, com diâmetro de até 100 cm (LORENZI, 2014).

O produto mais utilizado do jatobá é a madeira, utilizada para móveis e construções externas; ao passo que os indígenas a usam para a produção de canoas (COSTA et al., 2011). Também é utilizada para a fabricação de vigas caibros, ripas, e tábuas para assoalhos, cabos de ferramentas, marcos de portas, peças torneadas e esquadrias (IPT, 1989). Já foi objeto de exportação devido à resina obtida do seu tronco, que serve para a fabricação de vernizes (CAMPOS; UCHIDA, 2002).

A madeira em área de produção anual é pesada, com densidade básica de $0,76 \text{ g.cm}^{-3}$ (ANPM, 2015). O cerne possui cor variável de vermelho a marrom-claro, alburno espesso e distinto do cerne, grã de regular a irregular, textura média e uniforme, superfície pouco lustrosa e ligeiramente áspera, cheiro e gosto imperceptíveis; baixa incidência de defeitos na secagem natural; recebe bem os acabamentos (COSTA et al., 2011; IPT, 1989).

A madeira tem resistência de média à alta ao ataque de xilófagos, baixa permeabilidade para tratamento sob pressão; baixa contração volumétrica (10,7%); limite de resistência à compressão paralela às fibras (12% de umidade) de 90 MPa e à flexão estática de 165 MPa; para cisalhamento e dureza (condição saturada), 17 MPa e 112 MPa, respectivamente; portanto, a resistência mecânica da espécie é considerada alta (IPT, 1989). Para a condição de 12% de umidade, foram reportados resultados de 123 MPa, 119 MPa e 19 MPa, respectivamente para dureza paralela às fibras, dureza transversal às fibras e cisalhamento (ANPM, 2015).

3.5 *Jacaranda cuspidifolia* Mart.

A *Jacaranda cuspidifolia* Mart. é uma espécie pertencente à família Bignoniaceae, conhecida como “caroba”, “jacarandá-de-minas”, “jacarandá”, “caiuá”, “jacarandá-preto”, “jacarandá-branco”, “caroba-branca”, “pau-de-colher”, “pau-santo”, “carobeira” e “mulher-pobre” e tem como sinonímia botânica a espécie *Jacaranca chapadensis* Barb. Rodr (LORENZI, 2014). Ocorre em Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, São Paulo, até o norte do Paraná (LORENZI, 2014), com maior ocorrência em formações secundárias do Triângulo Mineiro e noroeste de São Paulo (MORAES et al., 2013).

É uma espécie de hábito arbóreo, com altura de 5 a 10 m, tronco de 30 a 40 cm de diâmetro e possui madeira leve, macia e alburno não diferenciado (IPT, 1989; LORENZI, 2014). A madeira é utilizada para marcenaria e a árvore tem uso ornamental e para arborização (LORENZI, 2014), visto que quando florida é extremamente ornamental (MORAES et al., 2013).

A madeira tem densidade de $0,50 \text{ g.cm}^{-3}$, aos seis anos de idade em área de restauração ecológica (FEREZ, 2010). No entanto, não foram encontrados resultados para área natural ou plantada e nem trabalhos que abordem as outras propriedades da madeira. Como mencionado anteriormente, os estudos referentes a espécie se concentram nas propriedades medicinais (MOSTAFA et al., 2015; YUAN et al., 2017), sobrevivência de sementes e mudas (CAMPOE et al., 2014; MOROZESK et al., 2014).

3.6 *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong

A espécie *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong pertence à família Fabaceae, subfamília Mimosoideae e é conhecida como “timburi”, “timbaúva”, “tamboril”, “orelha-de-macaco”, “orelha-de-nego”, “tambori”, “pau-de-sabão”, “timbaiba”, “timbaúva”, “timboúva”, “timbó”, “tambaré”, “timbaúva”, “orelha-de-preto”, “vinhático-flor-de-algodão” e tem como sinonímia botânica *Mimosa contortisiliqua* Vell e *Enterolobium timbouva* Mart. (LORENZI, 2014). Ocorre no Pará, Maranhão, do Piauí até o Mato Grosso do Sul (LORENZI, 2014) e do Ceará ao Rio Grande do Sul (CARVALHO, 2002).

As árvores são de grande porte e de rápido crescimento (SCALON et al., 2005), de tronco reto a pouco tortuoso, cilíndrico (CARVALHO, 2002), alcançando de 20-35 m, com diâmetro de 80-160 cm (LORENZI, 2014), sendo indicada para restauração ecológica (VERONESI et al., 2014).

A madeira de floresta natural é considerada leve, com densidade de $0,54 \text{ g.cm}^{-3}$, macia ao corte, grã direita a irregular, pouco resistente, medianamente durável, com alburno diferenciado do cerne (IPT, 1989). Foi reportada densidade básica de até $0,30 \text{ g.cm}^{-3}$, além de resistência moderada ao ataque de organismos xilófagos (CARVALHO, 2002).

A madeira possui referências anteriores de indicações para produção de barcos, brinquedos, lâminas de compensado, armações de móveis, parte interna de portas e caixotaria em geral (LORENZI, 2014). Quando serrada, o pó provoca irritação; é adequada para a produção de celulose, mas produz lenha de má qualidade (CARVALHO, 2002). A superfície da madeira é ligeiramente áspera ao tato e bastante lustrosa, apesar de irregular, textura grosseira e uniforme, grã direita a irregular, com cheiro e gosto imperceptíveis (IPT, 1989).

A espécie possui resistência moderada ao ataque de organismos xilófagos, baixa contração volumétrica (7,7%), com limite de resistência (12% de umidade) à compressão paralela às fibras de 40 MPa e flexão estática 84 MPa, respectivamente; limite de resistência (condição saturada) ao cisalhamento de 8,6 MPa e dureza de 35 MPa, respectivamente (IPT, 1989).

3.7 Propriedades da Madeira

O conhecimento de um material é importante para o seu uso racional. A madeira tem múltiplos usos, muito consumida na sociedade e com demanda crescente, por causa do constante aumento da população, o que a faz um material em potencial para estudo.

Acrescenta-se o fato de ser um material heterogêneo, dada sua origem de um ser vivo, em que as suas propriedades são afetadas pelos diversos fatores inerentes ao local de crescimento das árvores, tais como as condições edafoclimáticas. Alguns autores reportaram que as propriedades da madeira também variam no sentido da base para o topo das árvores, bem como da medula para a casca (KOMAN; FEHER, 2015; OLIVEIRA et al., 2005).

As propriedades físicas e mecânicas da madeira estão entre as comumente investigadas e, para o processamento, o mesmo é válido para o rendimento em madeira serrada e a avaliação das superfícies usinadas (ALVES et al., 2017). Em suma, é fundamental conhecer as propriedades da madeira, que afetarão o seu comportamento durante o processamento, resultando nas diferentes indicações de uso dos produtos.

Dentre as propriedades físicas, a densidade e a estabilidade dimensional são as mais comumente estudadas, porque são indicadores da qualidade e da utilização da madeira. A densidade é a principal, pois se relaciona com muitas outras propriedades, tais como a própria estabilidade dimensional e a resistência mecânica (BATISTA et al., 2015; BRAZ et al., 2013; FONTE et al., 2017; LATORRACA; ALBUQUERQUE, 2000; RODRIGUES et al., 2008).

Madeiras mais densas são mais instáveis dimensionalmente, em que a movimentação dimensional é maior no sentido tangencial que no radial, e praticamente desprezível no longitudinal (ELEOTÉRIO et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2010; SCHULGASSER; WITZTUM; 2015). Madeiras mais densas também são mais resistentes mecanicamente (BRAZ et al., 2013).

Dessa forma, a densidade pode ser considerada a propriedade mais importante da madeira. Espécies mais densas são desejáveis para a produção de energia (CRUZ et al., 2015) e oferecem maior resistência à usinagem, resultando em maior consumo energético e desgaste das ferramentas de corte durante o processamento mecânico (CHUCHALA et al., 2014).

Conforme mencionado, as propriedades mecânicas da madeira se relacionam com a densidade; mas também com outros fatores, em que os principais são espécie, umidade, inclinação da grã, orientação dos anéis de crescimento e proporção de lenho juvenil e adulto (BRAZ et al., 2013; KRETSCHMANN2010; VIDAURRE et al., 2011). O conhecimento das propriedades mecânicas é importante para o correto dimensionamento de elementos estruturais, tais como as peças utilizadas em tesouras de telhado, por exemplo (HARA et al., 2014; LEONELLO et al., 2012), representando um índice de qualidade para a utilização da madeira.

As principais propriedades mecânicas da madeira são o módulo de ruptura na flexão estática, a compressão (paralela e perpendicular às fibras) e a resistência ao cisalhamento (KRETSCHMANN, 2010). A resistência à flexão é dada pela máxima tensão que pode atuar em um corpo de prova no ensaio de flexão simples (ABNT, 1997). O tipo de fratura no corpo de prova após o ensaio de flexão pode ser classificado por meio da norma D413 da *American Standard for Testing and Materials* (ASTM, 2014) (Figura 1).

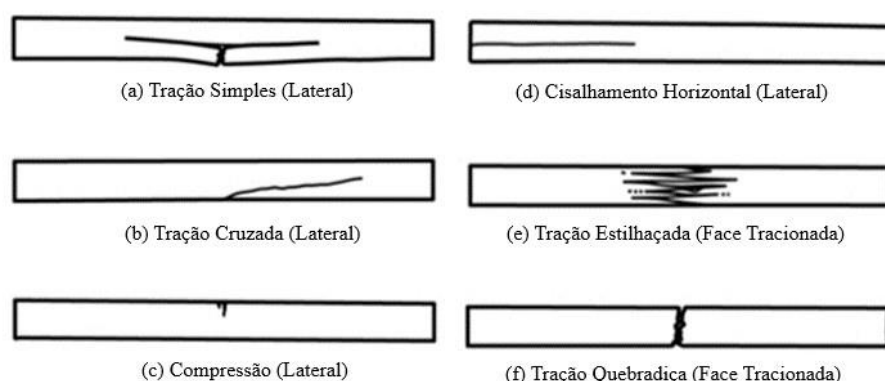


Figura 1 – Tipos de fratura no ensaio de flexão. Fonte: Adaptado de ASTM D143 (2014).

O módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade (MOE) são parâmetros determinados por meio de testes de flexão estática e são de grande importância na caracterização tecnológica da madeira, pois são estimadores da resistência do material à força aplicada perpendicularmente ao eixo longitudinal da peça (SCANAVACA JUNIOR; GARCIA, 2004). O MOE é considerado o parâmetro mais importante no que diz respeito ao uso estrutural (IVKOVIC et al., 2009).

A compressão paralela às fibras é dada pela máxima tensão de compressão que pode atuar em um corpo de prova com seção transversal quadrada (ABNT, 1997). É considerada a propriedade mecânica de maior importância, pois possui correlação com praticamente todas as demais propriedades mecânicas da madeira, sendo, portanto, o parâmetro balizador na classificação estrutural (LEONELLO et al., 2012). Em estudo com espécies de eucalipto e pinus foi constatado que as resistências à flexão e à compressão paralela às fibras variam nos sentidos

radial e longitudinal da árvore; além disso, a madeira de árvores com maior idade possui maiores resistência à flexão e à compressão (SERPA et al., 2003).

A dureza também é uma propriedade de interesse e é considerada de fácil determinação (LEONELLO et al., 2012). O método mais utilizado no Brasil é o de dureza Janka, determinado por meio da tensão atuante em uma das faces de um corpo de prova prismático, mediante a penetração de uma semiesfera de aço com área de 1 cm² (ABNT, 1997).

O ensaio de cisalhamento é dado pela máxima tensão de cisalhamento que pode atuar na seção crítica de um corpo de prova prismático (ABNT, 1997), o qual é a separação das fibras por uma tensão aplicada paralelamente. É uma propriedade importante para o dimensionamento de estruturas, tais como tesouras para telhados (HARA et al., 2014).

3.8 Industrialização da Madeira

O desdobro é uma das primeiras operações industriais do processamento da madeira, em que toras são transformadas em madeira serrada. Dessa forma, é importante compreender os fatores que interferem no rendimento em madeira serrada, que é a medida da conversão da matéria-prima em produto, uma vez que maiores rendimentos em madeira serrada demandarão a utilização de menores áreas florestais para um mesmo volume produzido (DANIELLI et al., 2016; GARCIA et al., 2012; MONTEIRO et al., 2013).

O rendimento em madeira serrada é afetado por vários fatores, em que os principais são: diâmetro e comprimento das toras, forma das toras (conicidade, achatamento, curvaturas, por exemplo), modelo de corte/dimensões dos produtos, ataque de xilófagos e ocos, excentricidade de medula, tensões de crescimento rachaduras (de topo e longitudinais), maquinário e mão de obra. Outros fatores menos relevantes são umidade, densidade e fração mineral (BIASI; ROCHA, 2007; DANIELLI et al., 2016; FERREIRA et al., 2004; GARCIA et al., 2012; IWAKIRI, 1990; JUIZO et al., 2015; MARCHESAN et al., 2014; RONGRONG et al., 2015; STEELE et al., 1992).

A conicidade influencia de forma negativa o rendimento em madeira serrada (JUIZO et al., 2014; RONGRONG et al., 2015), e para contornar essas perdas sugere-se diminuir o tamanho das toras e utilizar o modelo de corte tangencial (BENNETT, 2014). No entanto, segundo o autor, essas ações acarretam em aumento no tempo de processamento, visto que o desdobro tangencial resulta em peças com larguras diferentes, de acordo com a posição radial da madeira na tora.

A conicidade é afetada pela espécie, idade, condições climáticas, tratamentos culturais, tratamentos silviculturais e diâmetro, em que este último tem correlação positiva com a conicidade, ou seja, à medida que o diâmetro aumenta a conicidade tende a ser maior (MÜLLER et al., 2017). Sabe-se ainda que maiores espaçamentos resultam em maiores conicidades, visto que a copa tende a ficar mais comprida (FIGUEIREDO FILHO et al., 2014).

Em alguns trabalhos, como os de Bonato Junior et al. (2017) e Pedro et al. (2014), foi reportado que existe um limite de conicidade a partir do qual o rendimento em madeira serrada tende a diminuir, para *Araucaria angustifolia* e *Eucalyptus* sp., respectivamente. Para o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal – IBDF, toras com conicidade de até 3 cm.m⁻¹ são consideradas de boa qualidade (IBDF, 1984).

Como a madeira serrada possui significativa quantidade de água, a secagem é a etapa seguinte ao desdobro e ocorre basicamente de duas formas: natural e artificial. A secagem é considerada a etapa que mais agrega valor ao produto final durante o processamento da madeira (RESENDE et al., 2015), resultando em melhorias na trabalhabilidade e aumentando a resistência ao ataque de agentes xilófagos (BATISTA et al., 2015).

A secagem natural é um processo simples, de baixo custo e que consiste no empilhamento da madeira serrada em pátios, deixando-a exposta aos fatores ambientais

(temperatura, umidade relativa e velocidade do ar), permitindo secar naturalmente até a umidade de equilíbrio do ambiente. Dessa forma, os ciclos são mais longos que os da secagem artificial e a umidade final da madeira estará condicionada ao ambiente, limitando o seu uso a determinados produtos (JESUS et al., 2016; SOUZA et al., 2012; SUSIN et al., 2014). Além dos fatores climáticos, fatores inerentes à madeira também influenciam na secagem natural, como por exemplo, a estrutura anatômica e a composição química (SOUZA et al., 2012).

A taxa de secagem é uma medida da perda de água da madeira ao longo do processo de secagem, expressa em pontos percentuais por hora ou massa de água por hora. As taxas de secagem são maiores nas primeiras fases de secagem (BRAZ et al., 2015, JESUS et al., 2016), em que ocorre a secagem da água capilar, reduzindo-se significativamente a massa da madeira, até atingir o ponto de saturação das fibras (PSF) (BRAZ et al., 2015), que varia entre 28 a 30% (MENEZES et al., 2014).

A taxa de secagem da água higroscópica é pequena, ainda mais na secagem natural. A partir do PSF ocorre a contração da madeira, podendo resultar em defeitos de secagem que reduzem o aproveitamento da madeira, tais como rachaduras e empenamentos (BRAZ et al., 2015; MENEZES et al., 2014; NÉRI et al., 1999).

Nesse processo, o fator espécie é importante, porque aquelas mais estáveis dimensionalmente terão menos defeitos de secagem (ALVES et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2010), fazendo com que algumas espécies brasileiras tenham sido exploradas seletivamente, dadas as suas boas propriedades (LATORRACA et al., 2015). Além disso, estudos referentes à secagem da madeira de espécies nativas são escassos e a maioria das publicações científicas tem como foco as espécies de *Eucalyptus* e *Pinus*.

A usinagem, em termos gerais, abrange o processamento mecânico primário (desdobro) e secundário (denominado apenas como usinagem, no Brasil), este último por meio de operações de aplainamento, fresamento, furação, e torneamento, por exemplo, resultando em melhor qualidade das superfícies e formas desejáveis da madeira serrada e painéis, para produtos específicos. Alguns produtos mais simples do processamento mecânico secundário toleram umidade da madeira em níveis alcançados mesmo com a secagem natural (BATISTA, 2018).

Apesar da importância, o comportamento da madeira durante a usinagem, também conhecido como trabalhabilidade, tem sido pouco explorado (PETROVIC et al., 2016). Isso porque são vários os fatores que afetam a usinagem da madeira, entre eles a direção do corte em relação à grã da madeira (PETROVIC et al., 2016; SILVA et al., 2005), lenho juvenil e adulto (SOUZA et al., 2009), presença de nós (SOUZA et al., 2009), umidade (STEWART, 1980), técnica de corte, densidade e a espécie, em que para este último fator, Eyma et al. (2004) consideram que faltam informações a respeito. Essa escassez continua até os dias atuais, visto que a maior parte dos trabalhos sobre usinagem da madeira tem sido direcionados aos equipamentos utilizados, desconsiderando as características da matéria-prima.

No Brasil, a qualidade das superfícies usinadas têm sido avaliadas por meio de métodos como o avanço por dente e a análise visual (ANDRADE et al., 2016), em que esta última costuma ser realizada de forma subjetiva por profissionais qualificados e tendo como parâmetro a comparação com espécies já utilizadas (SOUZA et al., 2009). A avaliação visual é a mais utilizada, mas tem como desvantagens o fato de ser subjetiva e ter interferência do avaliador (ANDRADE et al., 2016). Por meio de classificação adotada por Palermo et al. (2015), é possível indicar produtos com base nas notas distribuídas por meio da norma ASTM 1666 (2011), em que superfícies com nota 1 e 2 são consideradas aprovadas para uso em produtos que exijam maior qualidade, tais como móveis, pisos, portas, janelas, batentes, entre outros; superfícies com notas de 3 a 5 são aprovadas para uso em produtos de menor exigência, tais como caibros, tábuas e portões.

Algumas pesquisas têm utilizado medidas mais precisas, com o uso de equipamentos, tais como o Sistema de Visão Artificial (SVA) (SOUZA et al., 2009) e, além deste, um método que se mostrou eficiente em comparação ao método visual foi a utilização da técnica *sunset laser* (ANDRADE et al., 2016). A qualidade das superfícies usinadas também tem sido avaliada por meio de parâmetros obtidos com rugosímetro de arraste (BRAGA et al., 2014), avanço por dente e velocidade de avanço (LOPES et al., 2014). Ainda segundo Lopes et al. (2014), a usinagem periférica das superfícies da madeira dá origem a pequenas ondulações, que são chamadas de avanço por dente que, em conjunto com a velocidade de avanço, são indicadores da qualidade da superfície, visto que quanto maiores, melhor é a qualidade da superfície.

A mesma compreensão é usada para avaliar os parâmetros obtidos pelo rugosímetro de arraste, a saber, Ra, Rz e Rt, os quais são obtidos no perfil de rugosidade, representado por picos e vales (Figura 2). Ra corresponde à média aritmética dos resultados obtidos no perfil de rugosidade; Rz é o valor máximo alcançado, considerando o maior pico e o maior vale e; Rt é a rugosidade total do perfil (ABNT, 2002).

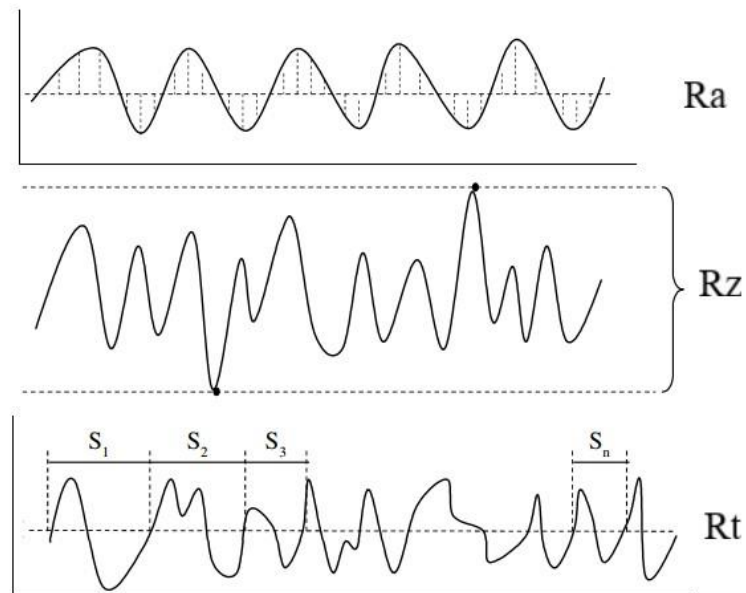


Figura 2 – Parâmetros indicadores de rugosidade: Ra, Rz e Rt. Fonte: Parra et al. (2006).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Coleta do Material e Amostragem

Foi utilizado material com 12 anos de idade proveniente de área de restauração ecológica com espaçamento 3 x 2 m. Trata-se de uma área de Reserva Legal ao longo do reservatório de Barra Bonita, no município de Anhembi, localizada a 22°40' S de latitude e 48°10' W de longitude, a 455 m de altitude e o clima é classificado com Cwa, de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 23 °C e a precipitação média é de 1.100 mm. O solo predominante na área é o Latossolo Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 1999).

Foram estudadas as espécies canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng) Taub.), jacarandá (*Jacaranda cuspidifolia* Mart.), jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), e timboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong), em que foram amostradas quatro árvores por espécie, que tiveram o diâmetro à altura do peito (DAP) medido com suta. De cada árvore foram retiradas duas toras que variaram de 0,73 m a 1,59 m, com exceção de uma de timboril, da qual foi retirada apenas uma tora, por causa da altura do tronco.

4.2 Desdobro das Toras

As toras foram desdobradas quatro meses após a derrubada, dos quais 45 dias foram de permanência no campo. Previamente, as toras foram cubadas com casca pelo método de Smalian, em que a circunferência e o comprimento foram medidos com fita métrica. A espessura da casca foi medida nos topos das toras, com paquímetro digital (0,01 mm), em três pontos equidistantes do diâmetro, calculando-se a espessura média. O volume sem casca das toras foi calculado por diferença, para posteriormente obter a porcentagem de casca. Em seguida, a conicidade sem casca de cada tora foi calculada (Equação 1) (IBDF, 1984).

$$C = \frac{D-d}{L} \quad (1)$$

Em que – C: conicidade (cm.m⁻¹); D: diâmetro maior da tora, sem casca (cm); d: diâmetro menor da tora, sem casca (cm); L: comprimento da tora (m).

O desdobro primário foi realizado em uma serra de fita horizontal, móvel, com motor quatro tempos Honda GX 390, de 13 HP de potência, movido à gasolina, volantes de 600 mm de diâmetro, dotados de lâmina denteada de aço, de 45 mm largura, com dentes travados por torção e espessura de corte igual a 1,3 mm. Adotou-se o sistema de desdobro tangencial (Figura 3), com quantidade e largura de peças variável conforme o diâmetro das toras, sem reaproveitamento das costaneiras. Em seguida, as peças foram refileadas na maior largura possível, utilizando-se uma serra circular simples, dotada de disco de 100 mm de diâmetro e dentes pastilhados com carboneto de tungstênio e espessura de corte de 3 mm. Foram produzidas tábuas de 30 mm de espessura nominal para avaliações de usinagem e pranchas de 50 mm de espessura nominal para ensaios mecânicos. A largura das peças variou de 96,5 mm a 255 mm.

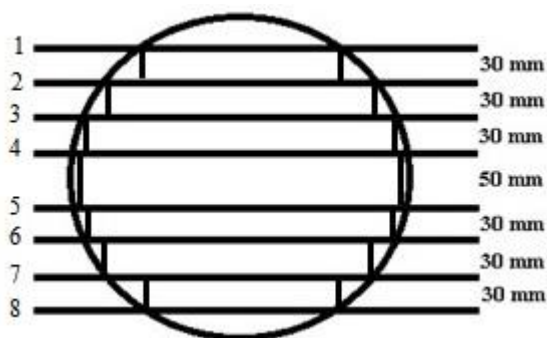


Figura 3 – Exemplo do modelo de corte utilizado e espessuras nominais das peças serradas.
Fonte: Próprio autor.

O rendimento em madeira serrada de cada tora foi calculado considerando o volume da tora sem casca, descrito anteriormente, e o volume da madeira serrada calculado pelo método estereométrico (Equação 2). A mensuração das peças foi feita utilizando-se um paquímetro para a medição da espessura e uma fita métrica para a largura e o comprimento.

$$R = \frac{V_s}{V_t} \cdot 100 \quad (2)$$

Em que – R: rendimento em madeira serrada (%); V_s : volume de madeira serrada (m^3); V_t : volume de tora sem casca (m^3).

4.3 Avaliação dos Defeitos da Secagem Natural e Nós

Após o desdobro, a madeira serrada foi empilhada para secagem natural no município de Seropédica – RJ. Foram montadas duas pilhas e três tábuas-controle por espécie foram pesadas para o acompanhamento da secagem até massa constante, considerando esse o momento final da secagem. O processo de secagem natural levou 173 dias após o desdobro, atingindo-se a umidade final média de 15%, momento em que foram avaliados os defeitos de secagem, conforme a Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 9487 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986), com algumas modificações explicadas a seguir (CARVALHO, 2000).

Os defeitos avaliados foram as rachaduras, por meio do índice de rachaduras (Equação 3), de acordo com metodologia descrita por Carvalho (2000) e os seguintes empenamentos: encurvamento, arqueamento e encanoamento. Para os empenamentos, foram calculados os índices (em %), com base na razão entre as flechas dos empenamentos e a respectiva dimensão total da peça, sendo o comprimento para arqueamento e encurvamento, e a largura para o encanoamento. Para comparação equivalente entre as espécies, o encanoamento foi calculado utilizando-se apenas as peças com espessura entre 25 e 35 mm e largura entre 100 e 200 mm, independentemente do comprimento. Para a avaliação do índice de rachaduras, do arqueamento e do encurvamento, foram utilizadas as peças com essas mesmas amplitudes de largura e espessura, porém apenas aquelas com comprimento entre 800 e 1.200 mm.

$$IR = \frac{cr_1 + cr_2}{c_t} \cdot 100 \quad (3)$$

Em que – IR: Índice de rachaduras (%); cr_1 e cr_2 : comprimento das maiores rachaduras de cada extremidade da peça (cm); e c_t : comprimento total da peça (cm).

Alguns defeitos de secagem foram analisados considerando-se apenas a presença ou ausência, em % de peças. Foram avaliadas todas as peças serradas, independentemente das dimensões, para os seguintes defeitos: rachaduras longitudinais de superfície, torcimento, encurvamento complexo e colapso. Da mesma forma, foi avaliada a presença de nós nas peças serradas.

4.4 Propriedades Físicas

Para a avaliação das propriedades físicas da madeira foi utilizada a NBR 7190 (ABNT, 1997), em que para a determinação das densidades básica e aparente (Equações 4 e 5) foram produzidos dez corpos de prova por árvore (40 por espécie), com dimensões nominais de 30 x 20 x 50 mm.

$$\rho_b = \frac{m_{0\%}}{V_s} \quad (4)$$

Em que – ρ_b : densidade básica da madeira (g.cm^{-3}); $m_{0\%}$: massa anidra (g); V_s : volume saturado (cm^3).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (5)$$

Em que – ρ : densidade aparente em determinada umidade (g.cm^{-3}); m : massa em determinada umidade (g); V : volume em determinada umidade (cm^3).

A densidade aparente foi calculada e posteriormente corrigida para 12% (Equação 6) (LOGSDON, 1998). A contração volumétrica total foi calculada utilizando-se a Equação 7 (ABNT, 1997).

$$\rho_{12} = \rho_u + \rho_u \left[(1 - \delta_v) \frac{12-U}{100} \right] \quad (6)$$

Em que – ρ_{12} : densidade aparente a 12% de umidade (g.cm^{-3}); ρ_u : densidade aparente a uma umidade U (g.cm^{-3}); δ_v : coeficiente de retratibilidade volumétrica, $\Delta V/U$ (%/%) ; U : umidade no momento do ensaio (%).

$$\beta_v = \left(\frac{V_s - V_{0\%}}{V_s} \right) \cdot 100 \quad (7)$$

Em que – β_v : contração volumétrica total (%); V_s : volume saturado (cm^3); $V_{0\%}$: volume anidro (cm^3).

Também foram calculadas as contrações totais tangencial e radial utilizando-se corpos de prova devidamente orientados (Equações 8 e 9), bem como o coeficiente de anisotropia pela razão entre a contração tangencial e a contração radial.

$$\beta_{r \text{ total}} = \left(\frac{L_s - L_{0\%}}{L_s} \right) \cdot 100 \quad (8)$$

Em que – β_r : contração radial total (%); L_s : dimensão na condição saturada (mm); $L_{0\%}$: dimensão anidra (mm).

$$\beta_{t \text{ total}} = \left(\frac{L_s - L_{0\%}}{L_s} \right) \cdot 100 \quad (9)$$

Em que – β_r : contração tangencial total (%); L_s : dimensão na condição saturada (mm); $L_{0\%}$: dimensão anidra (mm).

4.5 Propriedades Mecânicas

Os ensaios mecânicos foram realizados seguindo as recomendações da NBR 7190 (ABNT, 1997). Considerando a disponibilidade de material, foram utilizadas seis toras por espécie, duas por árvore e as dimensões dos corpos de prova foram reduzidas (Tabela 1), mas mantendo-se a proporção recomendada pela norma. Os corpos de prova foram produzidos das peças de 50 mm de espessura (Figura 3), alcançando largura e espessura final de 40 mm. Os ensaios foram realizados em uma máquina universal de ensaios, digital, com capacidade de 30 toneladas, marca Contenco, modelo UMC 300.

Tabela 1 – Resumo dos ensaios mecânicos para as quatro espécies

| Ensaio | Dimensões do corpo de prova (mm) | Corpos de prova por espécie | Velocidade de carregamento (MPa.min ⁻¹) |
|-------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|---|
| Flexão estática | 40 x 40 x 920 | 9 | 10 |
| Compressão paralela às fibras | 40 x 40 x 120 | 24 | 10 |
| Dureza Janka | 40 x 40 x 80 | 24 | 5,6 |
| Cisalhamento | 40 x 40 x 50 | 24 | 2,50 |

Os resultados dos ensaios foram corrigidos para 12% de umidade, conforme as Equações 10 e 11 e tiveram seus valores característicos calculados (Equação 12) (ABNT, 1997). Todos os resultados foram transformados para MPa.

$$f_{12} = f_{U\%} \left[1 + \frac{3(U-12)}{100} \right] \quad (10)$$

Em que – f_{12} : resistência a 12% de umidade (MPa); $f_{U\%}$: resistência a umidade U% (MPa); U: umidade no momento do ensaio (%).

$$E_{12} = E_{U\%} \left[1 + \frac{2(U\%-12)}{100} \right] \quad (11)$$

Em que – E_{12} : rigidez a 12% de umidade (MPa); $E_{U\%}$: rigidez a umidade U% (MPa); U: umidade no momento do ensaio (%).

$$f_k = f_m(1-1,645\delta) \quad (12)$$

Em que – f_k : resistência característica (kgf.cm⁻²); f_m : resistência média; δ : coeficiente de variação das resistências.

A resistência à flexão estática e a rigidez foram calculados com as Equações 13 e 14, respectivamente.

$$f_M = \frac{M_{\text{máx}}}{W_e} \quad (13)$$

Em que – f_M : resistência da madeira à flexão estática (kgf.cm²); $M_{\text{máx}}$: máximo momento aplicado ao corpo de prova (kgf.cm); W_e : módulo de resistência elástico da seção transversal do corpo de prova, dado por $bh^2/6$ (cm³).

$$E_{M0} = \frac{(F_{M, 50\%} - F_{M, 10\%})L^3}{(v_{50\%} - v_{10\%}) 4 bh^3} \quad (14)$$

Em que – E_{M0} : rigidez na flexão estática (kgf.cm²); $F_{M, 50\%}$ e $F_{M, 10\%}$: cargas correspondentes a 10% e 50% da carga máxima estimada, aplicada ao corpo de prova (kgf); L : comprimento do corpo de prova (cm); ($v_{50\%}$ e $v_{10\%}$): deslocamentos no meio do vão correspondentes a 10% e 50% da carga máxima estimada (%); b : largura da seção transversal do corpo de prova (cm); h : altura da seção transversal do corpo de prova (cm).

Após o ensaio de flexão estática, o tipo de fratura dos corpos de prova foi classificado seguindo as recomendações da norma D413 (ASTM, 2014) (Figura 1). A dureza Janka foi avaliada nas quatro faces e nos topos dos corpos de prova (direção transversal e longitudinal) (Equação 15).

$$f_H = \frac{F_{\text{máx.}}}{A_{\text{seção diametral}}} \quad (15)$$

Em que – f_H : dureza (kgf.cm²); $F_{\text{máx.}}$: máxima força aplicada ao corpo de prova necessária à penetração de uma semiesfera de seção diametral com 1 cm² de área na profundidade igual ao seu raio (kgf); $A_{\text{seção diametral}}$: área da seção diametral da esfera, igual a 1 cm².

A resistência à compressão paralela às fibras e a rigidez foram calculadas conforme as Equações 16 e 17, respectivamente.

$$f_{c0} = \frac{f_{c0, \text{máx.}}}{A} \quad (16)$$

Em que – f_{c0} : resistência à compressão paralela às fibras (kgf.cm²); $f_{c0, \text{máx.}}$: máxima força de compressão aplicada ao corpo de prova durante o ensaio (kgf); A : área inicial da seção transversal comprimida (cm²).

$$E_{c0} = \frac{\sigma_{50\%} - \sigma_{10\%}}{\varepsilon_{\sigma_{50\%}} - \varepsilon_{\sigma_{10\%}}} \quad (17)$$

Em que – E_{c0} : Rigidez na compressão paralela às fibras (kgf.cm²); $\sigma_{10\%}$ e $\sigma_{50\%}$: tensões de compressão correspondentes a 10% e 50% da resistência f_{c0} (kgf); $\varepsilon_{10\%}$ e $\varepsilon_{50\%}$: deformações específicas medidas no corpo de prova, correspondentes às tensões de $\sigma_{10\%}$ e $\sigma_{50\%}$ (cm).

A resistência ao cisalhamento foi calculada conforme a Equação 18.

$$f_{v0} = \frac{F_{v0, \text{máx.}}}{A_{v0}} \quad (18)$$

Em que – f_{v0} : resistência ao cisalhamento (kgf.cm^{-2}); $F_{v0, \text{máx.}}$: máxima força cisalhante aplicada ao corpo de prova (kgf); A_{v0} : área inicial da seção crítica do corpo de prova, em um plano paralelo às fibras (cm^2).

Para realização do ensaio de inserção de pregos, adotou-se o método proposto pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 1997), em que foram utilizados 40 corpos de prova por espécie, de dimensões nominais iguais a 25 x 120 x 300 mm (radial x tangencial x longitudinal). Para tanto, foram fixados seis pregos de aço 15 x 15, com 34,5 mm de comprimento e 2,4 mm de diâmetro, a 10 mm de distância de um dos topos dos corpos de prova, com um espaçamento lateral de 20 mm entre si (Figura 3), com auxílio de um martelo de 425 g, com cabeça metálica e cabo de madeira. Os corpos de prova foram avaliados em relação à presença de rachaduras na superfície de penetração e classificados qualitativamente como: i) aceita pregos: amostra sem rachaduras significativas, não alcançando a borda da amostra; ii) não aceita pregos: amostras com rachaduras significativas.

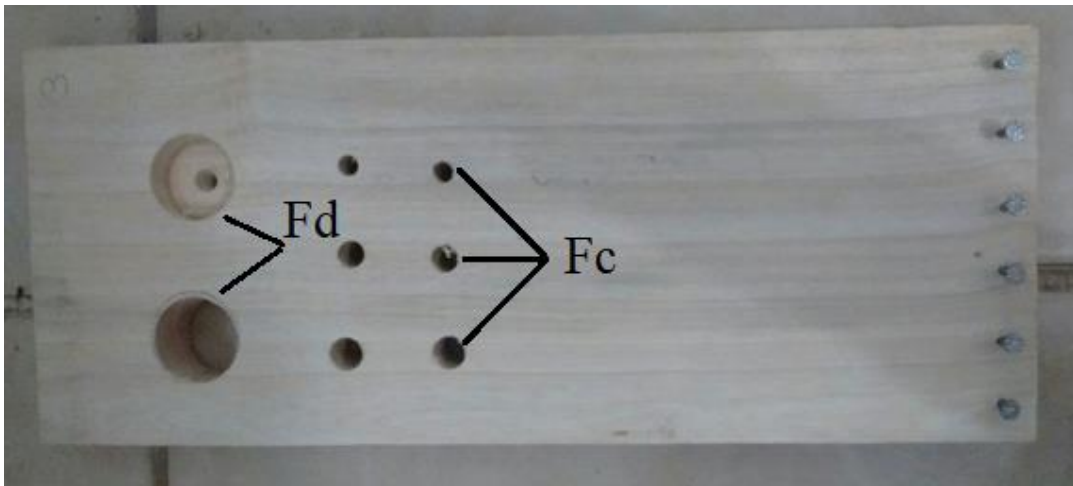


Figura 3 – Corpo de prova com fixação de pregos e furações. Em que – Fd: furação para dobradiça; Fc: furação para cavilha. Fonte: Próprio autor.

4.6 Usinagem da Madeira e Lixamento

Os ensaios de usinagem da madeira foram realizados conforme a norma D1666 (ASTM, 2011), com algumas adaptações de tamanho do corpo de prova e ferramentas utilizadas, em função da disponibilidade de material e maquinário. Foram utilizados dez corpos de prova por árvore, totalizando 40 corpos de prova por espécie (os mesmos do ensaio de inserção de pregos), com dimensões nominais de 25 x 120 x 300 mm (radial x tangencial x longitudinal), uma adaptação da norma ASTM D1666 proposta pelo IBAMA (1997).

Foram realizadas as seguintes operações de usinagem: aplainamento, furação para cavilhas, furação para dobradiças e furação lateral para encaixe de espiga, além do lixamento. A qualidade das superfícies usinadas e lixadas foi avaliada por cinco avaliadores, que atribuíram notas de 1 a 5 para cada corpo de prova, conforme os seguintes padrões qualitativos: 1) excelente; 2) bom; 3) regular; 4) ruim e; 5) muito ruim (ASTM, 2011).

Para o aplainamento, foi utilizada plaina desempenadeira convencional, da marca Baldan, modelo DPC-4, motor de 2 cv, 4.500 RPM, cabeçote de 99 mm de diâmetro, dotado de três facas retas de aço rápido. A velocidade de alimentação utilizada foi de 3 m/min e profundidade de usinagem de 1 mm. Para essa operação, foi utilizada apenas uma das faces do corpo de prova (largura x comprimento), na qual o aplainamento foi realizado em metade do corpo de prova (em relação a sua largura) com avanço a favor e metade contra a grã. Foram analisados os seguintes defeitos no aplainamento: grã levantada (*raised grain*), grã arrepiada ou felpuda (*fuzzy grain*), grã arrancada ou despedaçada (*torn grain*) e marcas de cavaco (*chip marks*) (ASTM, 2011).

Para os testes de furação, foi utilizada uma furadeira vertical convencional, com avanço manual, motor com 1 HP e 1.275 RPM. Para as furações de cavilha foram utilizadas brocas helicoidais de aço rápido, de 135°, com dimensões iguais a 10 x 87 x 133 mm (diâmetro, comprimento da broca e comprimento útil); 8 x 75 x 117mm (diâmetro, comprimento da broca e comprimento útil) e 6 x 57 x 93 mm (diâmetro, comprimento da broca e comprimento útil), com as quais foram realizados seis furos passantes em cada amostra, dois para cada broca. Os furos ficaram dispostos a uma distância mínima de 25 mm entre si e também das bordas (Figura 3). Foram avaliados os seguintes defeitos: esmagamento das fibras (*crushing*), presença de farpas no topo dos furos (*tearouts*), grã arrepiada ou felpuda (*fuzziness*) e a condição geral da superfície usinada (*general smoothness of cut*) (ASTM, 2011).

No teste de furação para dobradiça, foi utilizada uma broca chata de 25,4 x 152 mm, em que para cada amostra foram feitos dois furos, um passante e outro não passante (Figura 3). Os defeitos avaliados foram os mesmos da furação para cavilha.

Para o teste de furação lateral para o encaixe de espiga, foi utilizada uma furadeira horizontal convencional, marca Motomil, modelo Fc-250, potência de 1 HP e 1.275 RPM, dotada com broca helicoidal de aço rápido, de 8 x 75 x 117 mm (diâmetro, comprimento da broca e comprimento útil). O método adotado foi o de furações sucessivas, uma ao lado da outra, o qual foi escolhido devido a indisponibilidade de maquinário específico para a operação de fresamento. Foram avaliados os seguintes defeitos: esmagamento das fibras (*crushing*), farpas nos topos (*tearing*) e a condição geral da superfície usinada (*general smoothness of cut*) (ASTM, 2011).

Após as operações de usinagem, foi realizado o lixamento das amostras por 30 segundos, na face oposta à aplainada, sem controle da orientação da grã. Foi utilizada uma lixadeira de cinta, fabricante Possamai, com velocidade de 1.400 m.min⁻¹, potência do motor de 3 cv e 3.600 RPM de rotação do motor, dotada de uma lixa de granulometria de 120. Para este ensaio, foram avaliados os seguintes defeitos: ranhuras ou riscos na superfície (*scratching*) e a grã arrepiada ou felpuda (*fuzzynng*) (ASTM, 2011).

4.7 Rugosidade

Além da análise visual realizada pelos avaliadores, a qualidade das superfícies aplainadas (a favor e contra a grã) e lixadas também foi avaliada com um rugosímetro de arraste, digital, portátil, da marca Digimess, modelo TR 200 (Figura 4). Foram utilizados 20 corpos de prova por espécie, em que as medições foram realizadas no centro dos corpos de prova. O rugosímetro foi programado com *cut off* (comprimento de amostragem) de 2,5 mm, *range* (amplitude) de 0,8 µm e filtro de Gauss, determinando-se os parâmetros Ra (rugosidade média aritmética), Rz (rugosidade máxima) e Rt (rugosidade total).



Figura 4 – Medição da rugosidade com o rugosímetro TR 200. Fonte: Próprio autor.

4.8 Análise Estatística

O nível de significância adotado foi de 5% para todos os testes e as análises estatísticas foram realizadas no *software* Action Stat. Para as avaliações do DAP, porcentagem de casca, conicidade, rendimento em madeira serrada, propriedades físicas e mecânicas (exceto inserção de pregos) foi realizado o teste t Student, visando a comparação entre as espécies. Para os dados de inserção de pregos, os resultados foram apresentados em porcentagem e; para os dados obtidos com o rugosímetro, foi realizado teste t de Student, com o objetivo de comparar os parâmetros Ra, Rz e Rt na superfície lixada e aplainada (a favor e contra a grã).

Para os dados qualitativos da avaliação visual da qualidade das superfícies usinadas, foi realizado o teste não paramétrico H de Kruskal Wallis, seguido do teste de Bonferroni para comparação múltipla de médias.

Foram realizadas correlações entre a densidade aparente e a contração volumétrica e; correlações entre as densidades aparentes e as resistências nos ensaios mecânicos. Correlações até 0,1 foram consideradas muito fracas, de 0,1 a 0,3 fracas, de 0,31 a 0,59 moderadas, de 0,60 a 0,80 fortes e de 0,81 a 0,99 muito fortes e 1,00 absoluta (APPOLINÁRIO, 2006).

Foi apresentada a estatística descritiva por espécie dos resultados de índice de rachaduras (%), arqueamento (%), encurvamento (%) e encanoamento (%), que também foram apresentados e discutidos em termos de frequência de peças (%) enquadradas em diferentes amplitudes da intensidade do defeito. Para as rachaduras superficiais, torcimento, encurvamento complexo, colapso e nós, os dados foram apresentados e discutidos em termos de porcentagem de peças por espécie.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DAP, Porcentagem de Casca, Conicidade e Rendimento em Madeira Serrada

A espécie canafístula teve menor variação entre as árvores tanto para o DAP como para o rendimento em madeira serrada, com base no coeficiente de variação (Tabela 2). Isso é um bom resultado do ponto de vista industrial, por questões de homogeneidade da matéria-prima. A maior média absoluta de DAP foi do timboril e a menor do jatobá, havendo diferença significativa entre si.

Tabela 2 – Médias de DAP, porcentagem de casca, conicidade e rendimento em madeira serrada por espécie

| Espécie | DAP (cm) | Casca (%) | Conicidade (cm.m ⁻¹) | Rendimento em madeira serrada (%) |
|-------------|-----------------|----------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Canafístula | 21,6 ab (10,74) | 6,2 b (16,32) | 2,7 (78,95) | 56,5 (10,94) |
| Jacarandá | 18,8 ab (16,29) | 5,4 b (15,85) | 1,7 (35,29) | 61,3 (15,52) |
| Jatobá | 17,3 b (14,55) | 11,2 a (45,64) | 2,0 (72,31) | 53,5 (19,13) |
| Timboril | 24,0 a (43,20) | 9,7 a (11,13) | 1,5 (92,74) | 55,9 (15,11) |

Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna, não diferem significativamente entre si (teste t de Student, $p > 0,05$); resultados entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%).

Para a canafístula e o jatobá as médias de DAP foram maiores que as reportadas por Silva (2013), mesmo para sítios considerados de alta produtividade. Silva (2013) avaliou as mesmas espécies em plantios de restauração ecológica de 15 anos, em várias regiões do estado de São Paulo, o que indica bom potencial genético do material dessas espécies.

Para o timboril, a média de DAP está no intervalo de 13,8 cm a 29,0 cm reportado por Silva (2013) para sítios de baixa a média fertilidade, no entanto, alcançou apenas metade do reportado para sítios de alta fertilidade (46,8 cm). Dessa forma, é possível obter maior produtividade florestal para essa espécie com a seleção de materiais genéticos e sítios de maior qualidade, bem como com o manejo da fertilidade do solo.

Foi reportada média de 21 cm de DAP para o jatobá aos cinco anos de idade, em área de restauração ecológica no Cerrado do Distrito Federal (OLIVEIRA et al., 2015), maior que os 17,3 cm deste estudo, o que pode ser explicado pelo maior espaçamento (3 x 3 m), já que maiores espaçamentos resultam em maiores diâmetros (SCHNEIDER et al., 2015).

Há outros fatores envolvidos e que explicam a discrepância entre os resultados deste trabalho e os reportados na literatura, tais como as condições edafoclimáticas e o material genético. É importante destacar que a área em que as árvores foram coletadas não foi conduzida com o objetivo de produção madeireira. Portanto, as médias de diâmetro para todas as espécies podem ser maiores em condições de desenvolvimento silvicultural favorável, por exemplo, com calagem e adubação do solo, além de tratamentos silviculturais adequados a cada espécie.

O jacarandá teve a menor porcentagem absoluta de casca, não diferindo significativamente da canafístula. O jatobá teve a maior porcentagem absoluta de casca, não diferindo significativamente do timboril. A casca é um dos piores resíduos das serrarias, principalmente para as de pequeno e médio portes, que não a consomem internamente. É um resíduo de difícil comercialização e destino final, representando um problema passivo de solução ambiental.

Embora grande porcentagem de casca não seja desejável para a produção florestal de matéria-prima destinada ao desdobro, essa característica pode ser alternativa para a exploração não madeireira, ou uma associação entre ambas. Ainda mais por se tratar de espécies nativas utilizadas em restauração ecológica, apresentando-se como alternativa para a geração de renda e manutenção dos benefícios da floresta. Essas informações são importantes para o timboril, em que a casca tem propriedades anti-inflamatórias (AGRA et al., 2007) e também para o jatobá, em que a casca tem propriedades antimicrobiana (GONÇALVES et al., 2005) e antioxidante (VENCATO et al., 2016).

As toras de canafístula tinham diâmetro variando de 19,00 cm a 26,50 cm e comprimento variando de 0,73 m a 1,16 m; as de jacarandá tinham diâmetro variando de 14,58 cm a 19,68 cm e comprimento de 0,53 m a 0,58 m; para o jatobá o diâmetro das toras variou de 14,55 cm a 22,44 cm e o comprimento de 1,06 m a 1,35 m; enquanto o timboril teve toras com diâmetros de 14,55 cm a 33,46 cm, com comprimento variando de 0,91 m a 1,59 m. Não foi realizada comparação da conicidade e do rendimento entre as espécies por causa das variações de diâmetro e comprimento das toras.

Canafístula, jatobá e tamboril tiveram altos coeficientes de variação para a conicidade, acima de 70%, característica não desejável do ponto de vista industrial. Mesmo com essas variações, todas as espécies avaliadas tiveram bons resultados, de acordo com a classificação do IBDF (1984), pois nenhuma teve conicidade média maior que 3 cm.m^{-1} . Esse resultado é positivo para o processo industrial, visto que a conicidade possui correlação negativa com o rendimento em madeira serrada (JUIZO et al., 2014; RONGRONG et al., 2015). Destaca-se que as toras eram mais curtas que as comumente desdobradas nas serrarias brasileiras (menores que dois metros de comprimento), o que favorece baixas conicidades.

A canafístula e o jatobá tiveram as maiores médias absolutas de conicidade ($2,7 \text{ cm.m}^{-1}$ e $2,0 \text{ cm.m}^{-1}$, respectivamente), para as outras espécies a conicidade ficou abaixo de 2 cm.m^{-1} . Para Grosser (1980) citado por Valério et al. (2007), a conicidade afeta o rendimento em madeira serrada a partir de 1 cm.m^{-1} . Assim, espera-se que todas as espécies sejam afetadas negativamente pela conicidade.

Para o modelo de corte adotado (Figura 3), todas as espécies tiveram rendimento em madeira serrada satisfatório, cabendo ressaltar que para a avaliação foram consideradas todas as peças produzidas, não havendo discriminação entre padrões de qualidade. Além disso, o desdobro foi realizado buscando o maior aproveitamento possível das toras, utilizando o sistema de desdobro tangencial sucessivo, seguido do refilo das tábuas na maior largura admissível, o que demanda maior tempo de processo.

5.2 Propriedades Físicas

O jatobá teve a maior densidade, ao passo que o timboril teve a menor, diferindo significativamente entre si e das outras espécies (Tabela 3). O jacarandá e a canafístula não tiveram diferença significativa em relação as densidades. Considerando os critérios de densidade do *Forest Products Laboratory* (1973), a madeira das espécies canafístula, jacarandá e jatobá foi classificada como “média densidade”, ao passo que o timboril o foi como “leve”. Ressalta-se que a madeira analisada foi proveniente de plantios de 12 anos, representada basicamente por madeira juvenil. Dessa forma, espera-se que a classificação mude em caso de análise de madeira adulta.

Tabela 3 – Médias da densidade básica, densidade aparente, contração total e coeficiente de anisotropia por espécie

| Variável | Espécie | | | |
|--|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Canafístula | Jacarandá | Jatobá | Timboril |
| Densidade básica (g.cm ⁻³) | 0,52 b (5,22) | 0,52 b (2,77) | 0,57 a (5,08) | 0,32 c (6,46) |
| Densidade aparente (g.cm ⁻³) | 0,63 b (6,10) | 0,62 b (3,44) | 0,69 a (5,95) | 0,38 c (6,57) |
| Contração volumétrica (%) | 10,33 a (20,10) | 9,25 a (17,65) | 9,64 a (19,77) | 7,29 b (20,95) |
| Contração tangencial (%) | 6,99 (14,50) | 5,82 (13,76) | 6,29 (14,78) | 4,24 (10,17) |
| Contração radial (%) | 3,43 (10,84) | 3,64 (8,32) | 2,81 (19,40) | 2,27 (23,55) |
| Coeficiente de anisotropia | 1,99 (11,15) | 1,57 (15,70) | 2,10 (5,73) | 1,93 (13,74) |

Em que: médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma linha, não diferem significativamente entre si (teste t, $p > 0,05$); resultados entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%).

Vivian et al. (2010) reportaram 0,65 g.cm⁻³ de densidade aparente para canafístula aos dez anos de idade, provenientes de povoamento florestal homogêneo. Foi relatado pelo IPT (1989) densidade aparente maior que a deste estudo, para árvores de floresta nativa.

A menor contração volumétrica foi registrada para o timboril, diferindo estatisticamente das outras espécies, o que era esperado, porque a densidade possui correlação positiva com a contração volumétrica. Isso foi confirmado para as espécies em análise (Figura 5), as quais tiveram correlação positiva e significativa, variando de moderada a forte.

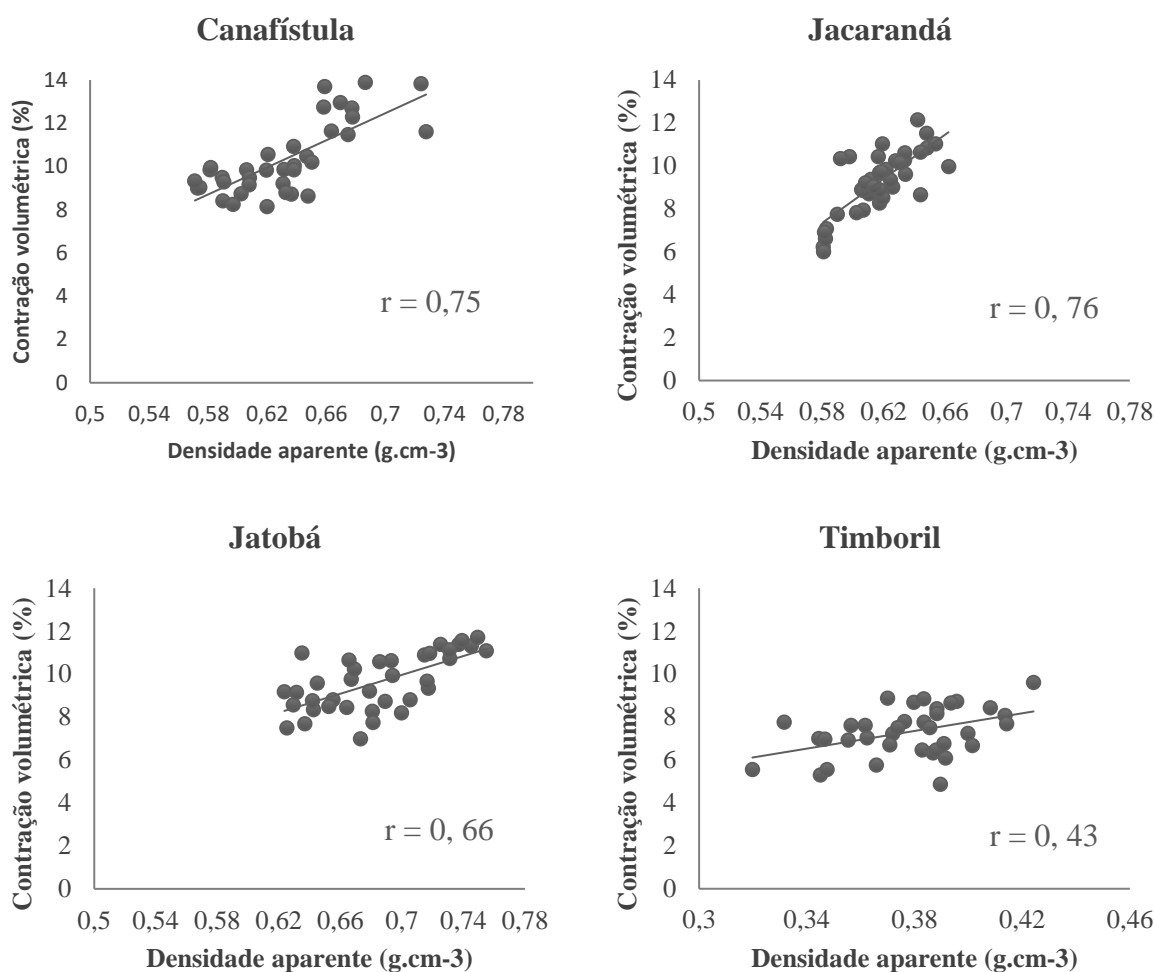


Figura 5 – Correlação entre contração volumétrica (%) e densidade aparente (g.cm^{-3}) por espécie.

Coeficientes de anisotropia de 1,5 a 2,0 são considerados normais e as espécies indicadas indicados para usos que permitam pequenos empenamentos (estantes, mesas, armários), ao passo que coeficiente de anisotropia acima de 2,0 é ruim, sendo a madeira indicada para carvão vegetal, lenha, construção civil (avaliando em conjunto as características mecânicas) (LOGSDON et al., 2008). Segundo este critério, o coeficiente de anisotropia de canafístula, jacarandá e timboril foi classificado como normal, ao passo que para o jatobá foi classificado como ruim. Em relação a contração volumétrica, o IPT (1989) registrou resultados próximos aos obtidos para canafístula, jatobá e timboril, contudo para madeira de florestas nativas.

As médias de densidade aparente de canafístula, jacarandá e jatobá foram maiores que as reportadas por Pelozzi et al. (2012) para madeira juvenil de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*. As médias de contração volumétrica das quatro espécies nativas foram menores que a reportada por Torres et al., (2015) para *Eucalyptus camaldulensis* (quatro anos de idade), por Oliveira et al. (2010) para sete espécies de *Eucalyptus* (16 anos de idade) e Palma e Ballarin (2003) para *Pinus taeda* (madeira juvenil). Essas comparações são importantes porque a madeira de *Pinus* sp. é a mais processada mecanicamente no Brasil e o consumo de madeira de *Eucalyptus* sp. (essência mais plantada no Brasil) tem aumentado nesse tipo de utilização, mostrando o potencial das quatro espécies nativas analisadas.

Tanto a densidade quanto a contração são propriedades que devem ser analisadas na escolha de uma espécie para a utilização em produtos do processamento mecânico secundário, tais como pisos, molduras, portas e móveis, por exemplo. Menciona-se que a madeira analisada foi coletada de árvores de 12 anos, ou seja, predominantemente de lenho juvenil, que possui menores densidade aparente a maiores contrações (VIDAURRE et al., 2011).

5.3 Defeitos da Secagem Natural

Na Tabela 4 encontra-se a frequência (%) de peças conforme as classes de amplitude de índice de rachaduras (IR, %). De modo geral, a maior frequência de peças se enquadrou na amplitude de 10,01 a 30% de IR.

Tabela 4 – Frequência de peças (%) com índice de rachaduras e média do índice de rachaduras conforme classes de amplitude

| Espécie | Peças analisadas | Classes de amplitude de índice de rachaduras (%) | | | | | Média do índice de rachaduras (%) |
|-------------|------------------|--|--------------|---------------|---------------|-----|-----------------------------------|
| | | 0 | 0,01 – 10,00 | 10,01 – 30,00 | 30,01 – 60,00 | 100 | |
| Canafístula | 13 | 31 | 15 | 23 | 23 | 8 | 23,98 ₍₁₂₀₎ |
| Jacarandá | 8 | 62 | 13 | 25 | 0 | 0 | 5,67 ₍₁₉₄₎ |
| Jatobá | 10 | 20 | 10 | 70 | 0 | 0 | 11,74 ₍₇₃₎ |
| Timboril | 6 | 17 | 0 | 66 | 17 | 0 | 16,09 ₍₇₀₎ |

Resultados entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%).

Conforme critérios da NBR 9487 (1986) para o “mercado geral”, as peças com IR até 10% são classificadas como primeira a terceira classe (dependendo de outros índices para a definição da classe), ao passo que acima de 10% de IR são classificadas como quarta classe (a pior). O jacarandá teve o melhor desempenho com relação ao IR, com a maior frequência de peças na classe 0% e 75% da peças com até 10% de IR, resultando na menor média absoluta.

De acordo com o critério acima, em segundo lugar ficou a canafístula, seguida por jatobá e tamboril, em que este teve 83% das peças com IR maior que 10%. Pelo critério da maior média absoluta, a canafístula teve o pior desempenho de IR e foi a única espécie classificada com IR igual a 100% (uma peça).

As rachaduras de topo estão relacionadas com a anisotropia de contração e com a fragilidade do lenho (baixa densidade, tecido de parênquima), dentre outros fatores. Dentre as espécies com densidade aparente acima de 0,60 g.cm⁻³ (Tabela 3), o jacarandá teve a menor média absoluta de contração total (radial, tangencial e volumétrica) e CA, resultando em melhores resultados de IR. O timboril foi a espécie mais estável dimensionalmente, mas tem lenho menos resistente à movimentação dimensional, por causa da menor densidade aparente, por isso teve a maior proporção de peças com IR acima de 10%, resultando em uma madeira de baixa qualidade.

As rachaduras de topo limitam de forma considerável a utilização da madeira serrada, implicando na redução do rendimento efetivo em madeira serrada, por causa do volume perdido no destopamento das peças. A madeira das espécies analisadas tiveram bons resultados de estabilidade dimensional (Tabela 3), em que se esperavam melhores resultados de IR. Contudo, há que se considerar que o material analisado é de lenho juvenil, podendo-se esperar resultados melhores para madeira com idade maior.

Conforme critérios da NBR 9487 (1986) para o “mercado geral”, o encurvamento e o arqueamento máximo permitidos equivalem a 0,50% e admite-se apenas até 5% das peças de um lote com empenamentos. Para o arqueamento (Tabela 5), 100% das peças de canafístula, jacarandá e jatobá tiveram até 0,50% de empenamento. A canafístula foi a que teve o melhor desempenho quanto ao arqueamento, em que 62% das peças não empenaram.

Tabela 5 – Frequência de peças com arqueamento, por espécie, conforme classes de amplitude

| Espécie | Peças analisadas | Classes de amplitude de arqueamento (%) | | | Média do arqueamento (%) |
|-------------|------------------|---|-------------|-------------|--------------------------|
| | | 0 | 0,01 – 0,50 | 0,51 – 0,60 | |
| Canafístula | 13 | 62 | 38 | 0 | 0,08 ₍₁₃₀₎ |
| Jacarandá | 8 | 13 | 87 | 0 | 0,08 ₍₁₄₁₎ |
| Jatobá | 10 | 10 | 90 | 0 | 0,14 ₍₇₇₎ |
| Timboril | 6 | 0 | 83 | 17 | 0,23 ₍₇₀₎ |

Resultados entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%).

De modo geral, os resultados do arqueamento foram bons para todas as espécies. A canafístula e o jacarandá tiveram médias abaixo das reportadas por Souza et al. (2012) para *Eucalyptus grandis* em secagem natural, enquanto jatobá e timboril se mantiveram na média obtida pelos autores. Apenas uma peça de timboril (17%) teve arqueamento maior que 0,50%.

Basicamente, o mesmo comportamento das espécies foi verificado para o encurvamento (Tabela 6), em que a maior proporção de peças com até 0,50% de empenamento foi verificada para a canafístula (76%), que também teve a maior proporção de peças sem esse empenamento (46%). O timboril teve a maior proporção de peças (33%) com encurvamento maior que 0,50%. Contudo, pelo critério da média absoluta, o jatobá teve o pior desempenho, com 0,44% de encurvamento.

Tabela 6 – Frequência de peças com encurvamento, por espécie, conforme classes de amplitude

| Espécie | Peças analisadas | Classes de amplitude de encurvamento (%) | | | | Média do encurvamento (%) |
|-------------|------------------|--|-------------|-------------|--------------|---------------------------|
| | | 0 | 0,01 – 0,50 | 0,51 – 1,00 | 1,01 – 1,14% | |
| Canafístula | 13 | 46 | 31 | 15 | 8 | 0,21 ₍₁₂₅₎ |
| Jacarandá | 8 | 0 | 75 | 25 | 0 | 0,26 ₍₈₂₎ |
| Jatobá | 10 | 10 | 60 | 20 | 10 | 0,44 ₍₇₄₎ |
| Timboril | 6 | 0 | 67 | 33 | 0 | 0,33 ₍₅₇₎ |

Resultados entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%).

O encanoamento não foi analisado conforme a NBR 9487 (1986), por isso não foi possível fazer o mesmo tipo de discussão que os defeitos anteriores. Nenhuma peça de jacarandá e timboril teve encanoamento (Tabela 7), ao passo que para jatobá e canafístula, 69% e 57% das peças, respectivamente, não empenaram. Pelo critério da maior média absoluta, no entanto, o jatobá teve o pior desempenho para o encanoamento mas, mesmo assim, a média foi baixa.

Tabela 7 – Frequência de peças com encanoamento, por espécie, conforme classes de amplitude

| Espécie | Peças analisadas | Classes de amplitude de encanoamento (%) | | | | | Média de encanoamento (%) |
|-------------|------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------|
| | | 0 | 0,01 – 1,00 | 1,01 – 2,00 | 2,01 – 3,00 | 3,01 – 4,50 | |
| Canafístula | 14 | 57 | 7 | 29 | 7 | 0 | 0,69 ₍₁₂₄₎ |
| Jacarandá | 17 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 ₍₀₎ |
| Jatobá | 13 | 69 | 0 | 15 | 8 | 8 | 0,79 ₍₁₇₉₎ |
| Timboril | 11 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 ₍₀₎ |

Resultados entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%).

Não foi verificado torcimento, encurvamento complexo ou colapso em nenhuma peça, mas a canafístula e o jatobá tiveram rachaduras de superfície (Tabela 8). Foram verificados nós em todas as espécies, em que jatobá e jacarandá tiveram a maior e a menor proporção de peças com nós, respectivamente.

Tabela 8 – Porcentagem de peças com rachaduras de superfície, nós e peças livres de defeitos, por espécie

| Espécie | Peças analisadas | Rachaduras de superfície | Nós | Peças livres de defeitos |
|-------------|------------------|--------------------------|-----|--------------------------|
| Canafístula | 29 | 20% | 28% | 59% |
| Jacarandá | 24 | 0 | 17% | 83% |
| Jatobá | 23 | 22% | 43% | 30% |
| Timboril | 28 | 0 | 25% | 64% |

Considerando-se a heterogeneidade natural da madeira, o uso de madeira juvenil e de espécies nativas, com materiais genéticos pouco ou nada trabalhados para fins madeireiros, a qualidade da madeira após a secagem natural foi satisfatória. De modo geral, a canafístula foi a espécie com menos defeitos de secagem, com os menores resultados absolutos para a maioria dos defeitos analisados.

5.4 Propriedades Mecânicas

Para as propriedades mecânicas, o jacarandá e o jatobá tiveram as maiores resistências à compressão paralela às fibras, enquanto para o cisalhamento e dureza a canafístula teve as maiores médias, diferindo significativamente das outras espécies (Tabela 9). Para a flexão estática, canafístula e jacarandá foram as espécies mais resistentes para todos os índices analisados. O timboril foi a espécie com menor resistência mecânica, com as menores médias para todos os ensaios, à exceção do ensaio de flexão estática, em que não diferiu significativamente do jatobá. Esse resultado era esperado para o timboril, por ter sido a espécie com menor densidade (Tabela 3).

Tabela 9 – Médias dos ensaios mecânicos por espécie

| Ensaio | Propriedade | Espécie | | | |
|-----------------------|--|------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| | | Canafístula | Jacarandá | Jatobá | Timboril |
| Compressão (MPa) | Resistência | 43,5 b (10,02) | 47,3 a (5,83) | 44,7 ab (10,92) | 22,3 c (16,34) |
| | Rigidez | 14.085 a (28,23) | 14.075 ab (22,45) | 11.485 b (25,87) | 6.992 c (34,63) |
| | Limite de proporcionalidade | 31,0 a (14,17) | 34,4 a (11,12) | 27,8 b (17,62) | 15,5 c (19,72) |
| | Resistência característica | 36,3 | 42,8 | 36,7 | 16,5 |
| Cisalhamento (MPa) | Resistência | 16,8 a (12,47) | 11,2 b (13,54) | 9,0 c (19,62) | 6,9 d (14,63) |
| | Resistência característica | 13,4 | 8,7 | 6,1 | 5,2 |
| Dureza (MPa) | Resistência paralela às fibras | 61,1 a (16,72) | 53,7 b (8,62) | 33,6 c (19,66) | 18,7 d (18,61) |
| | Resistência característica paralela às fibras | 44,3 | 46,1 | 22,7 | 13,0 |
| | Resistência perpendicular às fibras | 54,0 a (19,89) | 45,5 b (10,51) | 30,4 c (24,74) | 14,6 d (26,45) |
| | Resistência característica perpendicular às fibras | 36,3 | 37,6 | 18,0 | 8,25 |
| Flexão (MPa) | Resistência | 78,5 a (13,01) | 74,0 a (10,81) | 35,3 b (28,98) | 35,6 b (25,80) |
| | Rigidez | 9.899 a (14,26) | 11.740 a (5,00) | 3.669 b (18,64) | 6.637 b (17,66) |
| | Limite de proporcionalidade | 50,5 a (16,34) | 49,2 a (17,06) | 18,31 b (8,07) | 19,65 b (30,6) |
| | Resistência característica | 62,0 | 60,8 | 18,5 | 20,5 |
| Pregos | Aceitação (%) | 45 | 28 | 42 | 90 |

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha, não diferem significativamente entre si (teste t, $p > 0,05$); resultados entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%).

Os melhores resultados de inserção de pregos foram obtidos para o timboril, que foi a espécie menos dura, seguido por canafistula, jatobá e jacarandá. O ensaio utilizado é rigoroso porque considera a inserção nos extremos das peças, ou seja, nas partes mais propensas a rachaduras. Nem todos os produtos demandam a inserção de pregos e a pré-furação pode ser uma alternativa para contornar esse problema quando necessário.

A resistência mecânica tem relação positiva com a densidade, padrão seguido também para árvores de restauração ecológica, com correlações significativas muito fortes (Figura 6). Deste modo era esperado que os melhores resultados fossem do Jatobá, o que não ocorreu, pois, como mencionado as toras estavam atacadas por agentes xilófagos, resultando na menor resistência da espécie. Cabendo ressaltar que mesmo com os ataques a espécie apresentou resultados melhores que o timboril, que por sua vez foi a espécie com piores resultados nos ensaios mecânicos, apresentando o melhor resultado apenas na aceitação de pregos.

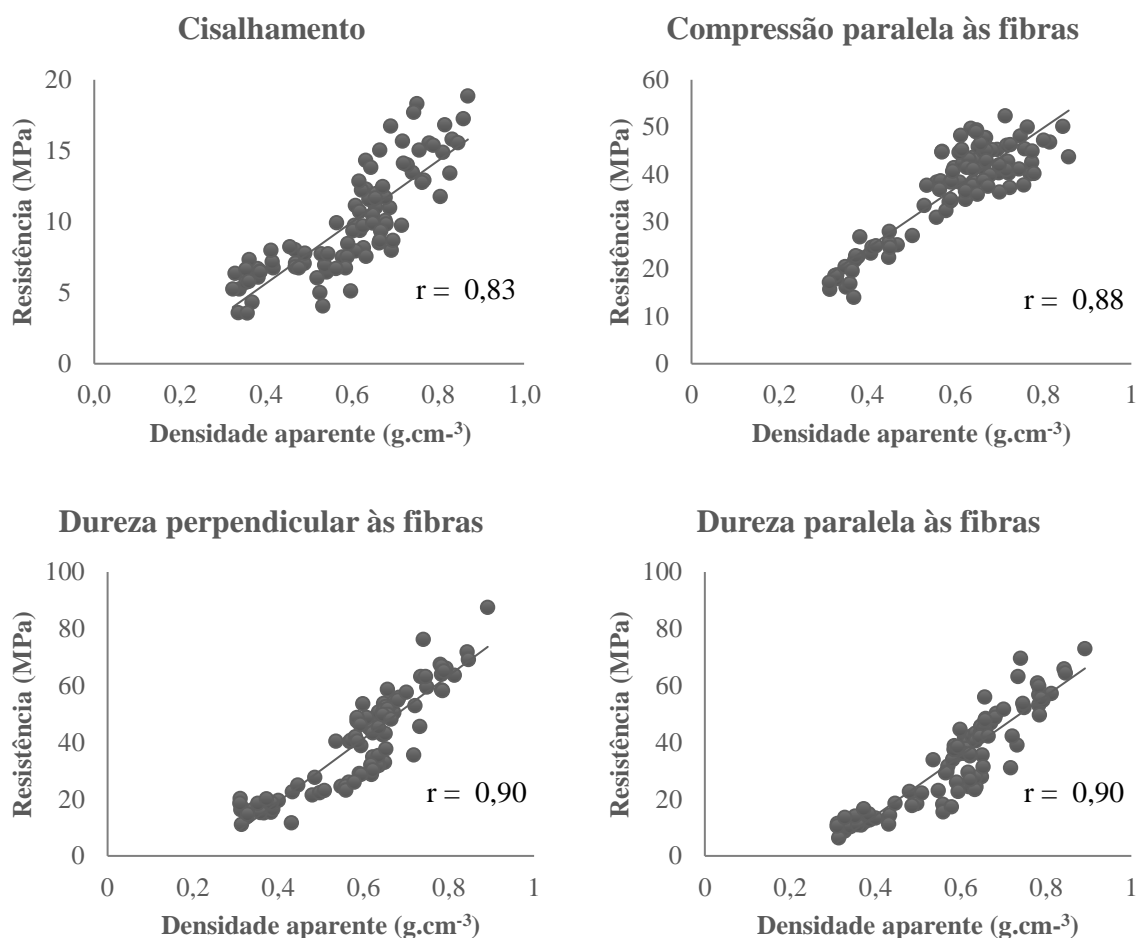


Figura 6 – Correlações entre densidade aparente (g.cm⁻³) a as resistências ao cisalhamento (MPa), compressão paralela às fibras e dureza (perpendicular e paralela às fibras).

Dos corpos de prova do ensaio de flexão estática, nenhuma ruptura foi classificada como cisalhamento horizontal (face lateral) (Figura 1) (Tabela 10).

Tabela 10 – Porcentagem de peças por tipo de fratura na face lateral e face tracionada no ensaio de flexão estática, por espécie

| Face | Fratura | Espécie | | | |
|------------|--------------------|-------------|-----------|--------|----------|
| | | Canafístula | Jacarandá | Jatobá | Timboril |
| Lateral | Tração simples | 0 | 0 | 0 | 56 |
| | Tração cruzada | 100 | 100 | 33 | 44 |
| | Compressão | 0 | 0 | 56 | 0 |
| | Nenhuma | 0 | 0 | 11 | 0 |
| Tracionada | Tração quebradiça | 11 | 22 | 67 | 67 |
| | Tração estilhaçada | 56 | 22 | 22 | 33 |
| | Nenhuma | 33 | 56 | 11 | 0 |

Em relação à face lateral, a canafístula e o jacarandá tiveram tração apenas do tipo cruzada; o jatobá teve tração cruzada e compressão, enquanto o timboril teve tração simples e cruzada. Para a face tracionada, foram registradas tração quebradiça e estilhaçada em todas as espécies.

Contrastando os dados dos ensaios mecânicos com os reportados pelo IPT (1989) para árvores de floresta nativa, as médias foram menores, o que era esperado por se tratar de madeira jovem.

5.5 Qualidade das Superfícies Usinadas

Na Tabela 11 encontram-se os resultados da análise visual da qualidade das superfícies usinadas e lixadas. Cabe ressaltar que maiores notas indicam piores resultados.

Tabela 11 – Medianas das operações de aplainamento a favor e contra as fibras, lixamento, furação (para cavilha e dobradiça) e furação lateral

| Espécie | Aplainamento | | Lixamento | Furação | | Furação lateral |
|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|
| | Concordante | Discordante | | Cavilha | Dobradiça | |
| Canafístula | 2,8 a (0,9) | 3,8 a (0,9) | 3,0 a (0,9) | 3,3 b (0,3) | 3,2 a (0,3) | 2,5 ab (0,7) |
| Jacarandá | 2,5 bc (0,6) | 3,6 ab (0,8) | 2,0 b (0,6) | 2,7 c (0,4) | 2,7 c (0,2) | 2,1 c (0,5) |
| Jatobá | 2,2 c (0,5) | 3,2 b (0,9) | 2,6 a (1,0) | 3,3 b (0,3) | 3,0 ab (0,3) | 2,3 bc (0,8) |
| Timboril | 2,6 ab (0,7) | 3,6 ab (0,7) | 2,8 a (0,8) | 3,4 a (0,2) | 2,9 b (0,5) | 2,8 a (0,8) |

Medianas seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna, não diferem significativamente entre si (Bonferroni, $p > 0,05$); resultados entre parênteses indicam o intervalo interquartilico.

O melhor desempenho no aplainamento concordante foi do jatobá e do jacarandá, contudo as notas de todas as espécies foi classificada qualitativamente entre “bom” e “regular” (ASTM, 2011). Jatobá, jacarandá e timboril tiveram o melhor desempenho no aplainamento discordante, mas as notas de todas as espécies foi classificada qualitativamente entre “regular”

e “ruim” (ASTM, 2011). Para todas as espécies, o aplainamento discordante resultou sempre em piores resultados.

Para o lixamento e furações para cavilhas e dobradiças, o melhor resultado foi do jacarandá, o qual diferiu estatisticamente das outras espécies. A nota do lixamento foi classificada como “bom”, ao passo que das demais espécies foi classificada entre “bom” e “regular” (ASTM, 2011). A nota das furações para cavilhas e dobradiças foi classificada entre “bom” e “regular”, ao passo que para as demais espécies, em geral, foi classificada entre “regular” e “ruim” (ASTM, 2011).

Para a furação lateral, o melhor desempenho foi das espécies jacarandá e jatobá. Contudo, as notas de todas as espécies foi classificada qualitativamente entre “bom” e “regular”.

Em relação a mediana da canafístula, jacarandá, jatobá e timboril poucos corpos de prova foram classificados com notas 1 e 2, excelente e bom, respectivamente. Resultados baixos, que indicam que para utilização dessas espécies provenientes de restauração ecológica para obtenção de produtos que exijam maior qualidade da superfície seria necessário adaptações e, ou investimento tecnológico. Portanto, aumentar a velocidade de corte e realizar controle da umidade, poderiam ser ações para melhorar os resultados e contribuiria para que um maior número de peças alcançasse maior qualidade das superfícies usinadas.

Visando buscar resultados quantitativos, foi realizada a análise da rugosidade nas superfícies lixadas e aplainadas no sentido concordante e discordante (Tabela 12).

Tabela 12 – Médias de Ra, Rz e Rt nas operações de lixamento e aplainamento (concordante e discordante), por espécie

| Parâmetro | Operação | Espécie | | | |
|----------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | | Canafístula | Jacarandá | Jatobá | Timboril |
| Ra (μm) | Lixamento | 2,95 cB _(40,47) | 2,98 cB _(33,61) | 3,10 bB _(36,41) | 4,20 bA _(36,83) |
| | Aplainamento concordante | 3,69 bB _(39,28) | 4,57 bA _(18,35) | 3,68 bB _(34,25) | 4,82 bA _(26,28) |
| | Aplainamento discordante | 5,02 aA _(31,22) | 5,33 aA _(21,76) | 6,09 aA _(33,72) | 6,14 aA _(24,91) |
| Rz (μm) | Lixamento | 19,69 bB _(44,50) | 19,16 bB _(32,95) | 23,15 bAB _(76,8) | 26,56 bA _(36,84) |
| | Aplainamento concordante | 22,35 abB _(31,24) | 26,95 aA _(19,72) | 21,44 bB _(41,67) | 28,73 abA _(30,70) |
| | Aplainamento discordante | 28,07 aB _(33,59) | 28,33 aAB _(24,51) | 35,8 aA _(36,02) | 34,61 aA _(27,33) |
| Rt (μm) | Lixamento | 31,75 bA _(48,40) | 34,66 bA _(40,60) | 35,52 bA _(45,0) | 46,54 aA _(53,49) |
| | Aplainamento concordante | 36,44 abB _(50,25) | 43,35 aA _(27,79) | 34,29 bB _(43,59) | 43,15 aA _(38,58) |
| | Aplainamento discordante | 49,00 bA _(46,18) | 47,85 aA _(31,97) | 54,83 aA _(40,09) | 50,77 aA _(30,82) |

Ra: rugosidade média, Rz: rugosidade máxima e Rt: rugosidade total. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna para cada parâmetro e pelo menos uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si (teste t, $p > 0,05$). Dados entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%).

De modo geral, a qualidade das superfícies usinadas, expressa pelos parâmetros Ra, Rz e Rt, foi melhor nas superfícies lixadas, seguidas pelas aplainadas no sentido concordante e, por último, no discordante. Para o Ra, apenas para o jatobá e o timboril não houve diferença significativa entre o lixamento e o aplainamento concordante, contudo, as médias absolutas foram menores para o lixamento.

Para o jatobá, as médias absolutas no aplainamento concordante foram menores que as do lixamento para Rz e Rt. Para o timboril, considerando-se Rt, não houve diferença significativa entre as médias de lixamento e de ambos os aplainamentos, em que a menor média absoluta foi do aplainamento concordante.

Na literatura foi reportado comportamento diferente, porém sem diferença significativa para a espécie *Eucalyptus benthamii*. As superfícies lixadas tiveram rugosidade média maior (9,34 μm) que as aplainadas (9,08 μm), ambas maiores que as verificadas neste estudo para as quatro espécies nativas (MARTINS et al., 2011).

O timboril foi a espécie com pior resultado de Ra no lixamento, diferindo de forma significativa das outras espécies, e com as maiores médias absolutas de Rz e Rt. No entanto, na avaliação visual, a espécie com pior resultado absoluto foi a canafístula, não diferindo estatisticamente do timboril. O jacarandá, que na análise visual foi a espécie com melhor comportamento, não diferiu significativamente da canafístula e do jatobá para os três parâmetros de rugosidade utilizados.

No aplainamento concordante, a rugosidade foi pior para o timboril e o jacarandá para todos os parâmetros utilizados. Enquanto na avaliação visual os piores resultados foram de canafístula e timboril.

Para o aplainamento discordante, não houve diferença significativa entre as espécies para os parâmetros Ra e Rt, ao passo que esse comportamento foi verificado para Rz entre as espécies jatobá, timboril e jacarandá. A maior média absoluta foi do jatobá (Rz e Rt) e timboril (Ra). Considerando a análise visual, a maior média absoluta foi da canafístula.

Comparando-se os resultados da avaliação visual com os do rugosímetro, percebe-se que nem sempre há correspondência entre os métodos. No entanto, a avaliação visual é a mais utilizada (ANDRADE et al., 2016), dada a simplicidade e o baixo custo.

Além disso, é necessário considerar que essa diferença de resultados ocorre porque a avaliação visual utiliza todo o comprimento do corpo de prova, ao passo que os parâmetros de rugosidade são medidos em uma área menor, conforme descrito no Material e Métodos. Em suma, ambos os métodos têm limitações e é preciso analisar os dados de forma criteriosa.

Ao final do trabalho, constatou-se escassez de informações das espécies estudadas referentes às características tecnológicas, principalmente para a condição de restauração ecológica. Além disso, o comportamento tecnológico apresentado não expressa o maior potencial das espécies, porque as árvores não foram plantadas e manejadas com objetivo de produção madeireira, além de que foi analisada madeira juvenil (12 anos de idade).

6 CONCLUSÕES

- Dentre as espécies estudadas, a com maior potencial madeireiro foi o jacarandá.
- Com base no DAP, a espécie timboril tem maior potencial para a produção volumétrica de biomassa, ao passo que o jatobá tem o menor potencial. Essas espécies produziram mais casca, representando um resíduo que deve ser devidamente manejado.
- O desempenho das espécies foi satisfatório para a conicidade e o rendimento em madeira serrada, contudo é necessário realizar mais estudos sobre o processamento mecânico primário, com toras mais compridas.
- A densidade da madeira das espécies canafístula, jacarandá e jatobá foi média, refletindo em resistência mecânica satisfatória, o que representa maior potencial de utilização em produtos do processamento mecânico secundário que a madeira de timboril, que teve baixa densidade, refletindo em baixa resistência mecânica. Para cada tipo de produto e solicitação mecânica é necessário analisar as propriedades mecânicas relacionadas, mas de modo geral, as espécies mais resistentes foram canafístula e jacarandá.
- A madeira de todas as espécies teve estabilidade dimensional satisfatória, não representando limitação para a utilização na maioria dos produtos do processamento mecânico secundário.
- As espécies avaliadas tiveram bom desempenho quanto aos empenamentos (arqueamento, encurvamento e encanoamento), não representando limitação ao uso em produtos do processamento mecânico secundário. O índice de rachaduras foi o defeito de secagem com maior limitação ao uso da madeira, em que melhores resultados foram obtidos para a espécie jacarandá.
- Melhores resultados de inserção de pregos foram obtidos para o timboril, que foi a espécie menos dura, seguido por canafístula, jatobá e jacarandá.
- A qualidade das superfícies usinadas foi satisfatória, em que se recomenda o lixamento para o aumento da qualidade.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRA, M. F. et al. Sinopse da flora medicinal do cariri paraibano. **Oecologia brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 323-330, 2007.
- ALVES, R. C. et al. Propriedades Físicas da Madeira de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 1, p.1-7, 2017.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D143-14**: Standard test methods for small clear specimens of timber (reapproved 2014). Philadelphia, 2014. 31 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 1666-11**: Standard method for conducting machining tests of wood and wood base materials (reapproved 2011). Philadelphia, 2011. 17 p.
- ANDRADE, A. C. A. et al. Utilização da técnica *sunset* laser para distinguir superfícies usinadas de madeira com qualidades similares. **Cerne**, v. 22, n. 2, p. 159-162, 2016.
- APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da Ciência**: filosofia e prática da pesquisa. 1 ed. São Paulo: Editora Thomson, 2006. 240 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 4287**: Especificações geométricas do produto (GPS) – Rugosidade: Método do perfil -Termos, definições e parâmetros da rugosidade. Rio de Janeiro, 2002. 18 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projetos de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: 1997. 107p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9487**: Classificação de madeira serrada de folhosa. Rio de Janeiro, 1986. 32 p.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PRODUTORES DE PISOS DE MADEIRA. **Pisos de madeira**: características de espécies brasileiras. Piracicaba, 2015. 186 p.
- BATISTA, D.C. **CFM06426 Usinagem da Madeira**. Jerônimo Monteiro: [s.n.], 2018.
- BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; ROCHA, M. P. Qualidade da secagem convencional conjunta da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus sp.* **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 711-719, 2015.
- BARBIERI JÚNIOR, D. et al. Análise de crescimento de *Hymenaea courbaril* L. sob efeito da inoculação micorrízica e adubação fosfatada. **Ciências Agro-Ambientais**, v. 5, n. 1, p. 1-15, 2007.
- BENNETT, N. **Sawing methods for improving lumber yield recovery of out-of-shape hardwood saw logs**. Gen. Tech. Rep. NRS-130. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 2014 8p.

BIASI, C. P.; ROCHA, M. P. Rendimento em madeira serrada e quantificação de resíduos para três espécies tropicais. **Floresta**, v. 37, n. 1, p. 95-108, 2007.

BONATO JUNIOR, et al. Effect of Saw Pattern and Diametric Grades on the Yield in Lumber of *Araucaria angustifolia*. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 1, p. 1-8, 2017.

BRAGA, P. P. C. et al. Qualidade de superfície de madeira de *Coffea arábica*. **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 21- 28, 2014.

BRANCALION, P. H. S. et al. Finding the money for tropical forest restoration, **Unasyuva**, Roma, v. 63, n. 239, p. 41-50, 2012.

BRASIL. Decreto nº 23.793, de 2 de janeiro de 1934. Aprova o Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 23 jan. 1934. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d23793.htm>. Acesso em: 26 set. 2017.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, , 15 set. 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm>. Acesso em: 26 set. 2017.

BRASIL. Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005. Regulamenta os incisos II, IV e V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados – OGM e seus derivados, cria o Conselho Nacional de Biossegurança – CNBS, reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio, dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança – PNB, revoga a Lei nº 8.974, de 5 de janeiro de 1995, e a Medida Provisória nº 2.191-9, de 23 de agosto de 2001, e os arts. 5º, 6º, 7º, 8º, 9º, 10 e 16 da Lei nº10.814, de 15 de dezembro de 2003, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 mar. 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11105.htm#art37>. Acesso em: 26 set. 2017.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651.htm>. Acesso em: 26 set. 2017.

BRASIL. Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. Altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 ago. 2011. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/2166-67.htm>. Acesso em: 26 set. 2017.

BRAZ, R. L. et al. Curva característica de secagem da madeira de *Tectona grandis* e *Acacia mangium* ao ar livre. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p- 117-123, 2015.

BRAZ, R. L. et al. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Toona ciliata* em diferentes idades. **Floresta**, v. 43, n. 4, p. 663-670, 2013.

CAMPOE, O. C. et al. Atlantic forest tree species responses to silvicultural practices in a degraded pasture restoration plantation: From leaf physiology to survival and initial growth. **Forest Ecology and Management**, v. 313, p. 233-242, 2014.

CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 281-288, 2002.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras – recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA – CNPF / SPI, 2002. 640 p.

CARVALHO, A. M. Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha. 2000. 138 f. Dissertação (Mestrado em ciências) - Universidade de São Paulo. 2010.

CHUCHALA, D. et al. The effect of wood provenance and density on cutting forces while sawing Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). **BioResources**, v. 9, n. 3, p. 5349-5361, 2014.

COMITÊ BRASIL EM DEFESA DAS FLORESTAS E DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Código Florestal e a Ciência: o que nossos legisladores ainda precisam saber. Comitê Brasil. Brasília-DF, 2012. 116 p.

COSTA, W. S. et al. **Ecologia, manejo, silvicultura e tecnologia de espécies nativas da Mata Atlântica (Jatobá – *Hymenaea courbaril* L.)**. Viçosa: UFV, 2011, 18p.

CRUZ, C. R. et al. Propriedades da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus* sp. cultivados na região do Recôncavo da Bahia. **Magistra**, v. 27, n. 2, p. 188-198, 2015.

CURTI, A. R.; REINIGER, L. R. S. Formação in vitro de raízes em canafístula: o efeito de diferentes meios de cultivo. **Ciência Rural**, v. 44, n. 2, p. 314-30, 2014.

DANIELLI et al. Modelagem do rendimento no desdobro de toras de *Manilkara* spp. (Sapotaceae) em serraria do estado de Roraima, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 111, p. 641-651, 2016.

DUTRA, T. R. et al. Fertilizante de liberação lenta no crescimento e qualidade de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). **Floresta**, v. 46, n. 4, p. 491-498, 2016.

ELEOTÉRIO, J. R. et al. Massa específica e retratibilidade da madeira de seis espécies de eucalipto cultivadas no litoral de Santa Catarina. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 329-336, 2015.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EYMA, F.; MÉAUSOONE, P.; MARTIN, P. Strains and cutting forces involved in the solid wood rotating cutting process. **Journal of materials processing technology**, v. 148, n. 2, p. 220-225, 2004.

FEREZ, A. P. C. Efeito de práticas silviculturais sobre as taxas iniciais de sequestro de carbono em plantios de restauração da Mata Atlântica. 2010. 99 f. Dissertação (Mestrado em ciências) - Universidade de São Paulo. 2010

FERREIRA, S. et al. Influência de métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 10, n. 1, p. 10-21, 2004.

FIGUEIREDO FILHO, A. et al. Dinâmica do afilamento do tronco e da produção de madeira em plantios de *Araucaria angustifolia*. **Cerne**, v. 20, n. 4, 595-603, 2014.

FONTE, A. P. N. et al. Propriedades físicas e químicas da madeira de cerne e alburno de *Cryptomeria japonica*. **Ciências Agroveterinárias**, v.16, n.3, p.277-285, 2017.

FOREST PRODUCTS LABORATORY - **Standard terms for describing wood (USDA)**. Forest Products Laboratory Research Paper: Madison, 10 p. 1973.

GARCIA, F. M. et al. Rendimento no desdobro de toras de Itaúba (*Mezilaurus itauba*) e Tauari (*Couratari guianensis*) segundo a classificação da qualidade da tora. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 468-474, 2012.

GONÇALVES, A. L.; ALVES FILHO, A.; MENEZES, H. Estudo comparativo da atividade antimicrobiana de extratos de algumas árvores nativas. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 72, n. 3, p. 353-358, 2005.

GOULART, S. L. et al. Análises químicas e densidade básica da madeira de raiz, fuste e galho de barbatimão [(*Stryphnodendron adstringens*) Coville] de bioma cerrado. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 59-66, 2012.

HARA, M. M. et al. Resistência ao cisalhamento paralelo às fibras de madeira mediante esforço induzido por puncionamento. **Engenharia e Construção Civil**, v. 1, n. 2, p. 40-54, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL (IBDF). **Norma para medição e classificação de toras de madeira de folhosas**. Brasília: IBDF, 1984. 42p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. **Norma para classificação de madeira serrada de folhosas**. Brasília: Ministério da Agricultura, 1983. 67 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Madeiras da Amazônia: características e utilização**. Brasília: IBAMA, 1997. 141 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. 2.ed. São Paulo: IPT, 1989. 418p.

IVKOVIĆ, M. et al. Prediction of wood stiffness, strength, and shrinkage in juvenile wood of radiata pine. **Wood Science and Technology**, v. 43, n. 3-4, p. 237, 2009.

IWAKIRI, S. Rendimento e condições de desdobro de 20 espécies de madeiras da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 20, n. 1, p. 271-281, 1990.

JESUS, A. G. et al. Comportamento das madeiras de três espécies amazônicas submetidas à secagem ao ar. **Nativa**, v. 4, n. 1, p. 31-35, 2016.

JUIZO, C. G. F. et al. Influência da classe diamétrica no rendimento em madeira serrada de duas espécies nativas de Moçambique. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 83, p. 293-298, 2015.

JUIZO, C. G. F.; ROCHA, M. P.; BILA, N. F. Avaliação do rendimento em madeira serrada de eucalipto para dois modelos de desdobro numa serraria portátil. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 543-550, 2014.

KOMAN, S.; FEHER, S. Basic density of hardwoods depending on age and site. **Wood Research**, v. 60, n. 6, p. 907-912, 2015.

KRETSCHMANN, D. E. Mechanical Properties of wood. In: Ross, Robert J. Wood handbook: wood as an engineering material. Centennial ed. General technical report FPL; GTR-190. Madison, WI: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. 509 p.

LAPOLA, D. M. et al. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature climate change**, v. 4, n. 1, p. 27-33, 2014.

LATORRACA, J. V. F. et al. Anelamento e vaporização de toras visando otimização do processo de secagem da madeira eucalipto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 273-279, 2015.

LATORRACA, J. V. F.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, v. 7, n. 1, p. 279-291, 2000.

LEONELLO, E. C. et al. Classificação estrutural e qualidade da madeira do clone GT 1 de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 2, p. 229-235, 2012.

LIMA, I. L. et al. Basic specific gravity and anatomy of *Peltophorum dubium* wood as a function of provenance and radial position. **Instituto Florestal**, v. 27, n. 1, p. 19-29, 2015.

LOGSDON, N. B.; FINGER, Z.; PENNA, E. S. Caracterização físico-mecânica da madeira de Cedro-marinho, *Guarea trichilioides* L.(Meliaceae). **Scientia Forestalis**. v.36, n. 77, p. 43-51, 2008.

LOGSDON, N. B. Influência da umidade nas propriedades de resistência e rigidez da madeira. 1998. 201 f. Tese (Doutorado em Engenharia de estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

LOPES, C. S. D. et al. Avaliação da rugosidade superficial da madeira de *Eucalyptus* sp submetida ao fresamento periférico. **Cerne**, v. 20, n. 3, p. 471-476, 2014.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 6ed. Nova Odessa, Brazil: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, 2014. 384p.

MARCHESAN, R. et al. Eficiência técnica no desdobro principal de toras de três espécies tropicais. **Floresta**, v. 44, n. 4, p. 629 - 636, 2014.

MARTINS, S. A. al. Efeito da usinagem na rugosidade da superfície da madeira de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 2, p. 135-143, 2011.

MATOS, F. A. et al. Effects of intra-specific tree competition on dendrometric parameters of *Peltophorum dubium*'. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 11, p. 1003-1009, 2015.

MEDEIROS, J. G. F. et al. Fungi associated the seeds of *Enterolobium Contortisiliquum*: analysis of incidence, control and effects on physiological quality with the use of plant extracts. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 47-58, 2016.

MENEZES, W. M. et al. Modificação térmica nas propriedades físicas da madeira. **Ciência Rural**, v. 44, n. 6, p. 1019-1024, 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Mata Atlântica. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>>. Acesso em: 03 jan. 2018.

MIRANDA, M. L. D; GARCEZ, F. R.; GARCEZ, W. S. Triterpenos e outros constituintes dos frutos de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae). **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 2597-2605, 2015.

MONTEIRO, T. C. et al. Avaliação do desdobro de toras de *Eucalyptus* para a obtenção de peças estruturais. **Cerne**, v. 19, n. 3, p. 357-364, 2013.

MORAES, M. A. et al. Variação genética em progênies de *Jacaranda cuspidifolia* mart. Utilizando o delineamento sistemático tipo leque. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 98, p. 175-183, 2013.

MOROZESK, M. et al. Longevidade de sementes nativas da Floresta Atlântica. **Natureza online**, v. 12, n 04, p. 185-194, 2014.

MORI, E. S. et al. Sistema de reprodução em populações naturais de *Peltophorum dubium*. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 99, p. 307-317, 2013.

MOSTAFA, N. M.; ELDAHSHAN, O. A.; SINGAB, A. N. B. Chemical composition and antimicrobial activity of flower essential oil of *Jacaranda acutifolia* Juss. against food-borne pathogens. **European Journal of Medicinal Plants**, v. 6, n. 2, p. 62, 2015.

MÜLLER, B. V. et al. Produção de madeira serrada com cinco espécies de eucalipto resistentes à geada. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 4, p. 195-201, 2017.

NÉRI, A. C.; GONÇALVES, R.; HERNANDEZ, R. E. Forças de corte ortogonal 90-0 em três espécies de madeira de eucalipto. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 239-244, 1999.

OLINDA, R. G. et al. Poisoning by *Enterolobium contortisiliquum* in cattle in Northeastern Brazil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 44-48, 2015.

OLIVEIRA, M. C. et al. Crescimento de espécies nativas em um plantio de recuperação de Cerrado sentido restrito no Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 13, n. 1, p. 25-32, 2015.

OLIVEIRA, J. T. S. et al. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Árvore**, v.34, n.5 p. 929-936, 2010.

OLIVEIRA, J. T. D. S.; HELLMMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Árvore**, v.29, n.1, p. 115-127, 2005.

OVERBECK, G. E. et al. Restoration ecology in Brazil—Time to step out of the forest. **Natureza e Conservação**, v. 11, n. 1, p. 92-95, 2013.

PALERMO, G. P. M. et al. Avaliação da superfície da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden tratada termicamente. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 145-152, 2015.

PALMA, H. A. L.; BALLARIN, A. W. Propriedades de contração na madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 13-22, 2003.

PARRA, B. S. et al. Rugosidade superficial de revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, v. 11, n. 2, p. 15-18, 2006.

PEDRO F. S. et al. Avaliação do rendimento em madeira serrada de eucalipto para dois modelos de desdobro numa serraria portátil. **Floresta e Ambiente**; v. 21, n. 4, p. 543-550, 2014.

PEREIRA, S. R. et al. Influência da temperatura na germinação de sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. **Informativo Abrates**, v. 23, n. 3, p. 52-55, 2013.

PETROVIC, A. et al. Optimisation of tool path for wood machining on CNC machines. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, **Journal of Mechanical Engineering Science**, v. 231, n. 1, p. 72-87, 2016.

PINTO, S. R. et al. Governing and delivering a biome-wide restoration initiative: the case of Atlantic Forest Restoration Pact in Brazil. **Forests**, v. 5, n. 9, p. 2212-2229, 2014.

PELOZZI, M. M. A. et al. Propriedades físicas dos lenhos juvenil e adulto de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii* e de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, p. 305-315, 2012.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological conservation**, v. 142, n. 1, p. 1.141-1.153, 2009.

- RODRIGUES, É. A. C. et al. Seleção de clones de *Eucalyptus* para as propriedades físicas da madeira avaliadas em árvores no campo. **Cerne**, v. 14, n. 2, p. 147-152, p. 107-102, 2008.
- RONGRONG, L.; PINGXIANG, C.; XIAOLEI, G. Novel Sawing Method for Small-Diameter Log. **Wood research**, v. 60, n. 2, p. 293-300, 2015.
- SCALON, S. P. Q. et al. Armazenamento, germinação de sementes e crescimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v.27, n.2, p. 107-112, 2005.
- SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, n. 65, p. 120-129, 2004.
- SCHNEIDER, P. R. et al. Influência do espaçamento no autodesbaste de povoamento monoclonal de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 119-126, 2015.
- SCHULGASSER, K.; WITZTUM, A. How the relationship between density and shrinkage of wood depends on its microstructure. **Wood science and technology**, v. 49, n. 2, p. 389-401, 2015.
- SERPA, P. N. et al. Evaluation of some properties of *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* and *Pinus elliottii*. **Árvore**, v. 27, n. 5, p. 723-733, 2003.
- SILVA, M. A. et al. Tolerance mechanisms in *Hymenaea Courbaril* L. and *Jatropha Curcas* L. plants as a response to water deficit and contamination by oil derivatives. **Árvore**, v. 41, n. 2, p. 01-10, 2017.
- SILVA, C. E. S. et al. Estimativa da densidade da madeira em árvores vivas de *Cedrela fissilis* Vell. através de resistografia. **Scientia Forestalis**, v. 45, n.113, p. 139-144, 2017.
- SILVA, C. C. **Potencial de espécies nativas para a produção de madeira serrada em plantios de restauração florestal**. 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado em ciências) - Universidade de São Paulo. 2013.
- SILVA, J. R. M. et al. Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Árvore**, v. 29, n.3, p.479-487, 2005.
- SOARES FILHO, B. et al. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, v. 344, n. 6.182, p. 363-364, 2014.
- SOUZA, J. et al. Qualidade da madeira serrada proveniente de árvores dominantes e médias de *Eucalyptus grandis* submetidas à secagem. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 167-174, 2012.
- SOUZA, M.O. A. et al. Avaliação da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e *Eucalyptus urophylla* ST Blake em ensaios de usinagem, visando à produção moveleira. **Árvore**, v. 33, n. 4, p. 751-758, 2009.
- STEELE, P. et al. Relative kerf and sawing variation values for some hardwood sawing machines. **Forest Products. Journal**, v. 42, n. 2, p. 33-39, 1992.

- STEWART, H. A. Some surfacing defects and problems related to wood moisture content. **Wood and Fiber Science**, v. 12, n. 3, p. 175-182, 1980.
- SUSIN, F. et al. Taxa de secagem e qualidade da madeira serrada de *Hovenia dulcis* submetida a dois métodos de secagem. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n.2, p. 243-250, 2014.
- TORRES, P. M. A. et al. Caracterização Físico-Mecânica da Madeira Jovem de *Eucalyptus camaldulensis* para Aplicação na Arquitetura Rural. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 1, p. 109-117, 2016.
- VALENTE, B. M. R. T. et al. Variabilidade radial e longitudinal das propriedades físicas e anatômicas da madeira de angico-vermelho. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 100, p. 485-496, dez. 2013.
- VALÉRIO, A. F. et al. Quantificação de resíduos e rendimento no desdobro de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze. **Floresta**, v. 37, n. 3, p. 387-398, 2007.
- VENCATO, S. B. et al. Avaliação do perfil fitoquímico e potencial antioxidante do extrato aquoso de *Hymenaea courbaril*. **Iniciação Científica da ULBRA**, v. 1, n. 14, p. 55-66, 2016.
- VERONESI, M. B. et al. Carbohydrate mobilisation in germinating seed of *Enterolobium contortisiliquum* and *Peltophorum dubium* (Fabaceae), two tropical trees used for restoration. **Australian journal of botany**, v. 62, n. 2, p. 132-140, 2014.
- VIDAURRE, G. et al. Lenho juvenil e adulto e as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n.4, p. 469-480, 2011.
- VIVIAN, M. A. et al. Resistência da madeira de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) ao PSF e a umidade de equilíbrio. **Ciência da Madeira**, v. 1, n. 1, p. 11-24, 2010.
- XAVIER, C. N. Avaliação não destrutiva da qualidade da madeira e do fuste de árvores de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub em área de restauração florestal. 2016. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2016.
- YUAN, J. et al. Composition and antimicrobial activity of the essential oil from the branches of *Jacaranda cuspidifolia* Mart. growing in Sichuan, China. **Natural product research**, v. 4, n. 1, p. 1-4, 2017.