

Fortaleza, CE / Agosto, 2025

Proposição metodológica para análise qualitativa de madeira serrada para diferentes espécies florestais cultivadas na região semiárida

Rafael Rodolfo de Melo⁽¹⁾, Ramona Rodrigues Amaro de Oliveira⁽²⁾, Diva Correia⁽³⁾, João Alencar de Sousa⁽⁴⁾, Alisson Moura Santos⁽⁵⁾, Joana Alice Galdino de Souzar⁽⁶⁾, Fernando Rusch⁽⁷⁾, Adriano Reis Prazeres Mascarenhas⁽⁸⁾, Allyson Rocha Alves⁽⁹⁾ e Mário Vanoli Scatolino⁽¹⁰⁾

⁽¹⁾ Engenheiro Florestal, doutor em Ciências Florestais, professor da UFERSA, Mossoró, RN. ⁽²⁾ Bolsista de iniciação científica do CNPq, UFERSA, Mossoró, RN. ⁽³⁾ Bióloga, doutora em Recursos Florestais, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE. ⁽⁴⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE. ⁽⁵⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR. ⁽⁶⁾ Bolsista de iniciação científica do CNPq, UFERSA, Mossoró, RN. ⁽⁷⁾ Bolsista de Pós-doutorado, UFERSA, Mossoró, RN. ⁽⁸⁾ Engenheiro Florestal, doutor em Ciência e Tecnologia da Madeira, professor da UNIR, Rolim de Moura, RO. ⁽⁹⁾ Engenheiro Florestal, doutor em Ciências Florestais, professor da UFERSA, Mossoró, RN. ⁽¹⁰⁾ Engenheiro Florestal, doutor em Engenharia de Biomateriais, professor visitante do PRODEMA/UFERSA, Mossoró, RN.



Embrapa Agroindústria Tropical

Rua Pernambuco, 2.270, Pici
60.511-110 Fortaleza, CE
www.embrapa.br/agroindustria-tropical
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

José Roberto Vieira Junior

Secretária-executiva

Celli Rodrigues Muniz

Membros

Afrânio Arley Teles Montenegro,

Aline Saraiva Teixeira, Eveline de

Castro Menezes,

Francisco Nelsieudes Sombra

Oliveira, Helenira Ellery Marinho

Vasconcelos, Kirley Marques

Canuto, Laura Maria Bruno,

Marlon Wagner Valentim Martins,

Pablo Busatto Figueiredo,

Roselayne Ferro Furtado e

Sandra Maria Moraes Rodrigues

Revisão de texto e diagramação

José Cesamildo Cruz Magalhães

Normalização bibliográfica

Rita de Cassia Costa Cid

(CRB-3/624)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados à Embrapa.

Resumo – O objetivo deste estudo foi propor uma metodologia para análise qualitativa de madeira serrada, para diferentes espécies florestais cultivadas na região semiárida, visando ao abastecimento das indústrias do polo moveleiro da região. O material analisado foi proveniente do plantio experimental implantado no município de Acaraú, Ceará. Foram avaliados materiais genéticos com idades entre onze e doze anos de diferentes essências florestais, compreendendo quatro nativas de ampla ocorrência (*Anadenanthera colubrina*, *Hymenaea courbaril*, *Handroanthus impetiginosus* e *Colubrina glandulosa*), cinco espécies exóticas (*Acacia mangium*, *Sterculia foetida*, *Khaya ivorensis*, *Azadirachta indica* e *Tectona grandis*) e cinco clones de *Eucalyptus* (AEC1528, VE38, VE41, GG680 e GG702). Foram selecionadas seis árvores de cada material genético, das quais foram retirados toretes localizados entre a base e o diâmetro à altura do peito. Destes toretes, obtiveram-se tábuas que foram utilizadas para análise dos seguintes parâmetros qualitativos: ataque de insetos, ataque de fungos, desvio da grã, empenamentos, rachaduras, coloração e proporção entre cerne e albúmeno. A análise qualitativa das tábuas foi realizada visualmente, indicando a frequência e intensidade de ocorrência dos parâmetros. A partir das observações, foi possível determinar o índice de qualidade das madeiras avaliadas, o que permitiu classificá-las. Enfatizamos ser possível incluir ou excluir parâmetros a serem utilizados, considerando-se as necessidades de avaliação para determinado uso. As madeiras de elevada qualidade, tendo em vista os parâmetros utilizados nesta avaliação, foram *A. colubrina*, *C. glandulosa*, *K. ivorensis*, *S. foetida*, *T. grandis* e o clone VE38.

Termos para indexação: indústria moveleira, caracterização tecnológica, produtos de maior valor agregado.

Methodological proposal for qualitative analysis of sawn wood for different forest species cultivated in the semi-arid region

Abstract – This study aimed to propose a methodology for the qualitative analysis of sawn timber from different forest species cultivated in the semi-arid region, aiming to supply industries in the region's furniture industry. The material analyzed came from experimental planting implemented in Acaraú, Ceará. Genetic materials aged between eleven and twelve years from different forest species were evaluated, including four widely occurring native species (*Anadenanthera colubrina*, *Hymenaea courbaril*, *Handroanthus impetiginosus* and *Colubrina glandulosa*), five exotic species (*Acacia mangium*, *Sterculia foetida*, *Khaya ivorensis*, *Azadirachta indica* and *Tectona grandis*) and five *Eucalyptus* clones (AEC1528, VE38, VE41, GG680, GG702). Six trees of each genetic material were selected, from which removed stumps between the base and the diameter at breast height and wooden boards from these logs. These were used to analyze qualitative parameters: insect attack, fungal attack, grain deviation, warping, cracks, color, and proportion between heartwood and sapwood. The qualitative analysis of the tables was carried out visually, indicating the frequency and intensity of occurrence of the parameters. From the observations, it was possible to determine the quality index of the wood evaluated, which allowed them to be classified. The wood considered to be of high quality was *A. colubrina*, *C. glandulosa*, *K. ivorensis*, *S. foetida*, *T. grandis* and VE38 clone.

Index terms: furniture industry, technological characterization, products with higher added value.

Introdução

A região Nordeste ocupa aproximadamente 18% do território brasileiro. O domínio do Semiárido na região possui cerca de 1.180.000 km² e abriga em torno de 28 milhões de habitantes, o que o torna o Semiárido mais povoado do mundo. Abrange todos os nove estados nordestinos (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe), além de algumas cidades inseridas da região Norte dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, 2021).

É uma região quente e seca, de alta insolação e com baixo índice pluviométrico. A umidade relativa

do ar média se encontra na faixa de 56% a 80%, temperatura média anual entre 24 °C a 28 °C e precipitações irregulares no espaço e no tempo, concentrando as chuvas em 4 a 5 meses do ano, com médias anuais entre 400 e 800 mm (Moura et al., 2019). Em consequência aos aspectos edafoclimáticos regionais, o bioma predominante é a Caatinga, que detém diferentes fisionomias e grande riqueza de espécies da fauna e flora. Possui vegetação xerófila e composta em sua maioria por espécies caducifólias, plantas arbóreas e arbustivas, bromeliáceas, gramíneas e cactáceas (Fernandes, 1992).

A madeira, por milhares de anos, foi o material mais utilizado e difundido pelos seres humanos devido sua abundância na natureza, capacidade de ser produzida em larga escala, além de ser extremamente versátil. Considerando-se seu peso, possui excelente resistência mecânica e aptidão como isolante térmico, também maior facilidade para ser trabalhada quando comparada a outros materiais, como aço e ferro (Jankowsky; Galvão, 2000). Ao longo do tempo, os seres humanos desenvolveram habilidades na sua trabalhabilidade que implicaram a criação de diversos novos produtos, como pasta celulósica e papel, painéis compensados e aglomerados, chapas de fibras e madeira serrada para construção de móveis, estruturas civis e componentes de acabamento em unidades habitacionais como portas e janelas (Campelo, 2017).

Em toda a região Nordeste, existe alta demanda de madeira, que é geralmente suprida por espécies nativas extraídas do bioma Caatinga, exploradas sem planejamento, gerando implicações negativas nos aspectos ambientais, econômicos e sociais. Além disso, o processo acelerado de supressão vegetal da Caatinga coloca em risco sua biodiversidade e o potencial de seus recursos naturais. Diante dessa realidade, torna-se imprescindível realizar estudos relativos à implementação de plantios florestais nessa região, face a sua crescente demanda por madeira.

O Semiárido brasileiro não possui produção florestal significativa; além disso, a vegetação local é de pequeno porte, sendo classificada como arbóreo-arbustiva. Em consequência, a demanda local por madeira serrada não é atendida em sua plenitude, e o potencial madeireiro para fins estruturais e de produção de móveis é escasso. Com isso, indústrias madeireiras locais necessitam adquirir e transportar a matéria-prima de regiões produtoras, como Norte, Sudeste e Sul. Essa logística eleva os custos de produção, já que é necessário percorrer longas distâncias entre o local de colheita da madeira e a indústria.

O Semiárido nordestino é uma região na qual a exploração do bioma Caatinga é feita sem manejo florestal adequado e com práticas extrativistas, sendo destinada primordialmente para fins energéticos. A demanda crescente por madeira serrada estimula a busca por alternativas que possibilitem abastecer o setor e facilitar as operações industriais. A implantação de plantios florestais comerciais, juntamente com a realização de testes para analisar a qualidade dessa madeira produzida no Semiárido brasileiro, surgem como opções para solucionar esse problema.

Apesar da reduzida produção de madeira, a região Nordeste possui um número relevante de empresas que consomem a madeira como principal matéria-prima (Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente, 2022). Todavia, nessa região existem poucos plantios e as áreas de manejo florestal sustentável não possibilitam obter madeira em qualidade adequada e em quantidade suficiente para abastecer suas indústrias, sendo necessário importar de outras regiões, especialmente da região Norte.

Buscando reverter esse cenário, foi realizada a avaliação da madeira de plantio florestal formado com essências florestais nativas do Brasil, exóticas e clones de *Eucalyptus* (das espécies *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake; *E. grandis* W. Hill. ex Maiden;

e *E. camaldulensis* DEHNH), conforme descrito por Correia et al. (2017). Esses materiais genéticos foram selecionados por terem apresentado os maiores incrementos volumétricos, dentre o conjunto formado por 39 espécies no total (29 nativas e 10 exóticas) e seis híbridos de eucaliptos, sendo que os dados relativos ao desenvolvimento podem ser consultados no trabalho publicado por Silva (2023).

Foram considerados parâmetros puramente visuais para avaliar os defeitos das madeiras em análise, possibilitando elaborar um modelo simplificado de classificação de defeitos pela atribuição de notas, permitindo formar um índice de qualidade da madeira produzida na região semiárida, visando à manufatura de móveis no polo moveleiro de Marco, Ceará.

Material e métodos

Caracterização do local de estudo

O material vegetal avaliado neste trabalho provém de um plantio florestal experimental implantado entre 2010 e 2012, conduzido pela Embrapa Agroindústria Tropical e Embrapa Florestas, em Acaraú, Ceará. Esta região é adjacente à cidade de Marco, um dos principais polos moveleiros do Ceará (Figura 1).

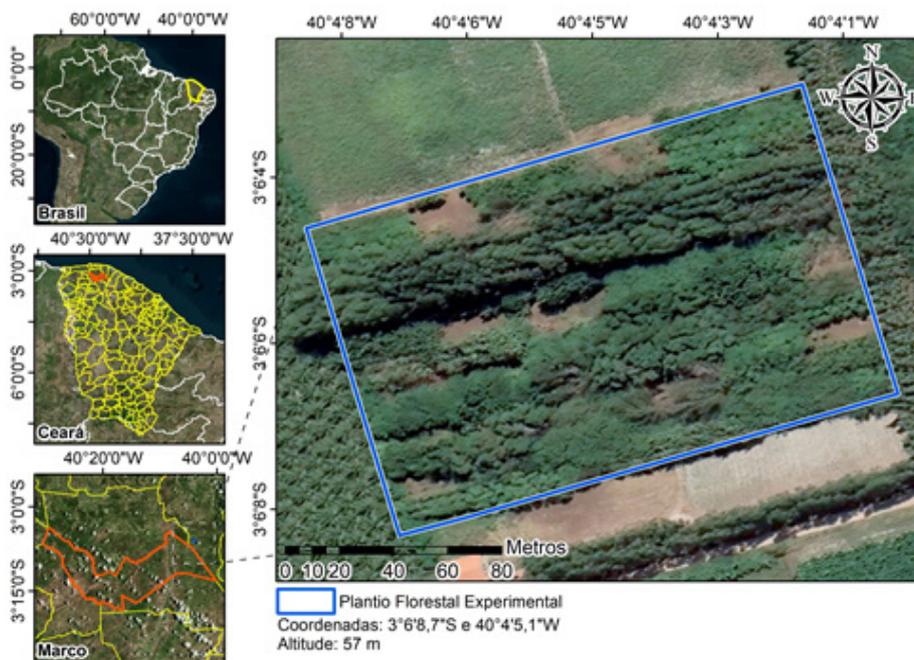


Figura 1. Plantio experimental para testar e selecionar espécies arbóreas para a indústria do Polo Moveleiro de Marco, CE, implantado entre 2010 e 2012 com espécies nativas e exóticas, e em 2011 com clones de eucaliptos (espécie e híbridos) no município de Acaraú, Ceará.

Imagem: Maxar Technologies. Data da imagem: junho de 2021. Sistema de Coordenadas Geográficas Datum: SIRGAS 2000.

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo Aw (tropical chuvoso) (Beck et al., 2018). A precipitação é acumulada entre os meses de janeiro e maio, e a estiagem ocorre entre os meses de junho a dezembro. A temperatura média anual é 28,1 °C, precipitação média anual de 900 mm, umidade relativa do ar anual média de 70% e velocidade média dos ventos de 3 m/s. A região está 56 m acima do nível do mar, o relevo é suave com solos predominantemente profundos e bem drenados. O solo da área foi classificado como Neossolo quartzarênico (Araujo, 2019). A vegetação é de Caatinga Arbustiva, Complexo Vegetacional da Zona Litorânea e Floresta Mista Dicotilo-Palmácea (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, 2009).

O plantio florestal foi formado por 39 espécies no total (29 nativas e 10 exóticas), com seis híbridos de eucaliptos, sendo avaliadas as madeiras das espécies nativas *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (Angico), *Colubrina glandulosa* var. *Reitzii* (Sobrasil), *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos (Pau-d'arco-roxo) e *Hymenaea courbaril* L. (Jatobá); das exóticas *Acacia mangium* Willd. (Acácia-australiana), *Azadirachta indica* A. Juss (Nim-indiano), *Khaya ivorensis* A. Chev. (Mogno-africano), *Sterculia foetida* L. (Chichá) e *Tectona grandis* L. f. (Teca); e dos clones *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake (GG 702), *E. urophylla* S.T. Blake x *E. grandis* W. Hill. ex Maiden (GG 680), *E. urophylla* S.T. Blake x

E. grandis W. Hill. ex Maiden (VE 41), *E. urophylla* S.T. Blake x *E. camaldulensis* DEHNH (VE 38) e *E. urophylla* S.T. Blake x *E. grandis* W. Hill. ex Maiden (AEC 1528), que apresentaram os maiores incrementos volumétricos.

Obtenção e preparo das tábuas

Seis árvores entre 11 e 12 anos de idade de cada espécie foram abatidas para realizar a caracterização da madeira. Foram escolhidas árvores que apresentaram o maior potencial produtivo, com fuste retilíneo, sem defeitos aparentes, como bifurcações, e em condições fitossanitárias adequadas. As árvores foram abatidas com o auxílio de serra motorizada. De cada árvore, foi retirada a primeira tora localizada entre a base e o diâmetro à altura do peito (DAP). Cada tora foi devidamente identificada e transportada até a serraria da Empresa Copan Agroindustrial, no município de Icapuí, Ceará, sendo realizado o processo de secagem ao ar livre ou natural (em temperatura ambiente).

Na serraria, as toras foram desdobradas para obtenção de tábuas para as avaliações das propriedades qualitativas. O armazenamento, a secagem e o processamento das toras foram realizados em um galpão ventilado e coberto. O processamento das toras foi iniciado com a retirada das costaneiras com o auxílio de serra motorizada. Em seguida, foram obtidas tábuas tangenciais com 5 cm de espessura por meio do uso de uma serra-fita vertical (Figura 2).

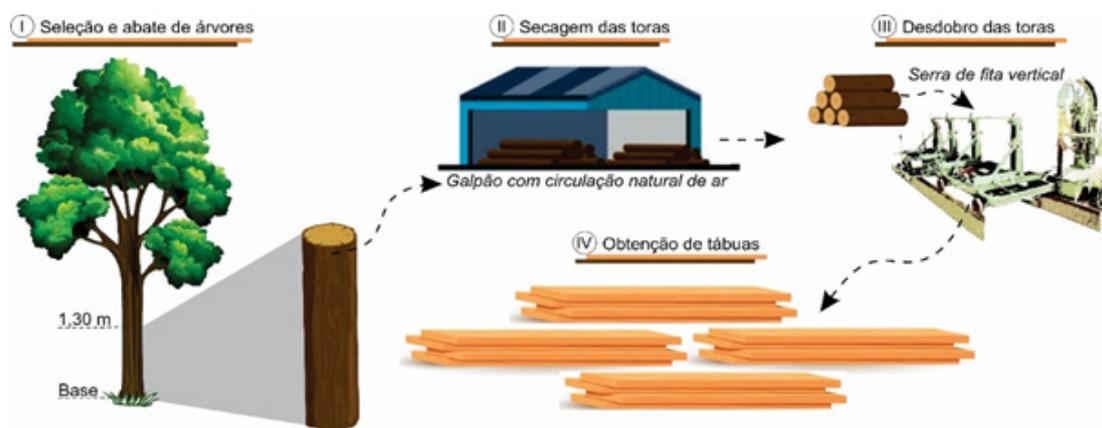


Figura 2. Esquema ilustrativo da seleção das toras, secagem, desdobro com serra-fita vertical para confecção das tábuas e posterior avaliação visual de suas características qualitativas.

Avaliação das tábuas

As tábuas foram alocadas em ambiente ventilado, que possuía piso e cobertura até as avaliações. As análises das tábuas foram realizadas visualmente, considerando-se seis características a serem avaliadas: ataques de insetos, ataques de fungos, rachaduras, desvio da grã e empenamentos. Além disso, foram realizadas análise do percentual médio do cerne e do alborno presente em cada uma das espécies e observações visuais a respeito de suas cores.

Foram observadas a frequência (percentual das amostras que apresentaram incidência de defeitos ou imperfeições) e a intensidade (nível de defeitos ou imperfeições em cada um dos parâmetros analisados) para caracterização da qualidade das madeiras. As escalas de frequência e intensidade da ocorrência dos defeitos estão descritas na Tabela 1 e na Tabela 2, respectivamente. Por serem dados subjetivos, em cada análise foi realizada identificação dos defeitos por três diferentes avaliadores. As planilhas utilizadas para cada avaliador eram independentes, de modo que estes não fossem induzidos a atribuir notas seguindo a análise feita pelo outro – assegurando a independência dos dados.

Cada avaliador analisou visualmente todas as tábuas e atribuíram notas de 0 a 4 para representar a intensidade em cada parâmetro. A intensidade máxima foi representada pela nota 4, que corresponde ao acometimento total, com a característica presente em toda extensão da tábua. Para a frequência, foram atribuídas porcentagens entre 0% a 100% de ocorrência dessas características nas tábuas de cada espécie. Ao final, foi considerada a média dos valores observados pelos diferentes avaliadores em cada parâmetro.

Tabela 1. Codificação da ocorrência quanto à frequência que os parâmetros avaliados foram observados nas peças de madeira.

Ocorrência	Frequência (F)
0	Ausente
Até 25%	Pouco frequente
26 a 50%	Moderado
51 a 75%	Muito frequente
76 a 100%	Sempre presente

Tabela 2. Classificação qualitativa da intensidade dos defeitos avaliados nas peças de madeira.

Intensidade	Nota
Ausente	0,00
Intensidade baixa	0,01 até 1,00
Intensidade média	1,01 até 2,00
Intensidade alta	2,01 até 3,99
Intensidade total	4,00

Qualidade da madeira

Os defeitos naturais são anomalias na seção transversal do tronco da árvore, na estrutura anatômica e alteração de cor da madeira, ocasionadas pelas condições do ambiente, que restrinjam ou anulem o seu uso. O manejo adequado da floresta, focado na produção madeireira, contribui diretamente para a melhoria da qualidade da madeira. Dessa forma, o desbaste (técnica de retiradas de determinados indivíduos para reduzir a competição) contribui para a produtividade final, o espaçamento adequado influencia na velocidade de crescimento e as podas ou desrama são essenciais para diminuir a presença de nós, considerados pontos de fraquezas (Grosser, 1980).

As tensões de crescimento da madeira são características genéticas que contribuem para a ocorrência de rachaduras e empenamentos. As tensões são geradas a partir das diferenças entre tamanhos de células maduras e células em desenvolvimento. As madeiras do gênero *Eucalyptus* possuem altos níveis de tensões de crescimento (Crêspo, 2000). As rachaduras exibem as consequências das diferentes retrações nos planos anatômicos, influenciadas pela variação no teor de umidade da madeira. Abaixo da umidade de saturação das fibras, entre 0 e em torno de 30%, a madeira varia suas dimensões proporcionalmente à quantidade de água ganha ou perdida para o ambiente. Essa variação dimensional segue a seguinte ordem de grandeza: tangencial > radial > longitudinal, em relação aos seus planos anatômicos. Os tipos de rachaduras presentes na madeira são rachaduras de topo (fendas), rachaduras superficiais (rompimento superficial do tecido lenhoso) e rachaduras internas (não são visíveis) (Silva, 2005).

A secagem é um dos processos cruciais na utilização industrial da madeira. Durante a saída da água, tensões são liberadas na madeira que são a causa dos defeitos de secagem, como empenamentos e rachaduras. No entanto, durante ou após

o processo de secagem, esses defeitos podem ou não ser influenciados pela perda da umidade (Jankowsky; Galina, 2013).

O empenamento é a deformação na forma geométrica inicial das peças de madeira, devido à seragem, à secagem ou ao armazenamento, sendo subdividida em: arqueamento (empenamento longitudinal das bordas); encanoamento (transversal da fase); encurvamento (longitudinal da fase, podendo ocorrer uma ou mais de uma curvatura); torcimento (helicoidal ou espiral no sentido do eixo da peça) (Marques; Martins, 2002), conforme ilustrado na Figura 3 (a, b, c, d, e). As rachaduras são a separação dos elementos constituintes da madeira no sentido longitudinal da grã (Figura 3 f).

A grã refere-se ao arranjo e à orientação dos elementos anatômicos de uma peça de madeira serrada em relação ao eixo longitudinal de uma árvore (Coelho et al., 2020). Essa característica apresenta alta herdabilidade e influencia na ocorrência de empenamentos durante o desdobro e secagem da madeira serrada (Assis, 2001).

O alinhamento das fibras pode ser classificado como: grã direita ou reta, a que se dispõe paralela ao eixo da árvore; e grã irregular, a que se dispõe inclinada em relação ao eixo da árvore, podendo ser do tipo grã espiral, grã entrecruzada (grã inclinada alternadamente para esquerda e direita) e grã ondulada ou crespa (Silva, 2005).

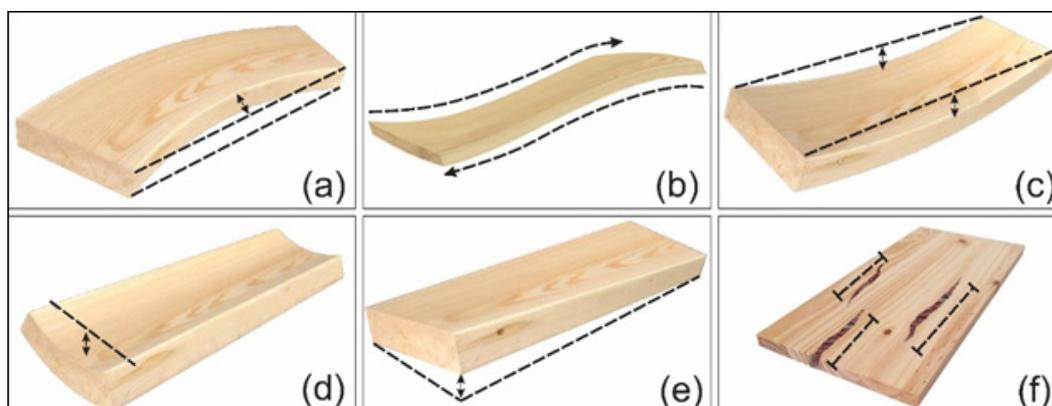


Figura 3. Mosaico ilustrativo dos defeitos na madeira, sendo: encurvamento (a); encurvamento complexo (b); arqueamento (c); encanoamento (d); torcimento (e); e rachadura (f).

A madeira é um material orgânico, portanto está sujeita à degradação por agentes biológicos, como insetos, fungos, bactérias, moluscos e crustáceos. Dentre esses agentes, os fungos e os insetos são os responsáveis pela maior parcela de danos causados à madeira (Moreschi, 2013). Madeiras com maiores proporções de cerne tendem a ser menos acometidas por agentes xilófagos, já que é formado por células mortas e possui extrativos que servem como mecanismo de defesa. As substâncias químicas presentes nos extrativos também influenciam na coloração das madeiras (Coradin; Camargos, 2001).

O tronco de uma árvore é composto por células vivas que possuem a função da condução de água e sais minerais e de armazenamento de substâncias nutritivas, e células mortas com função de suporte estrutural. Essas estruturas são denominadas albarno e cerne, sendo o albarno o lenho situado entre a casca e o cerne, geralmente de coloração mais clara e constituído por elementos celulares ativos. Já o cerne é constituído pela parte interna do lenho da árvore envolvida pelo albarno, formado por

elementos celulares fisiologicamente inativos, geralmente caracterizado por coloração mais escura do que a do albarno.

A proporção de cerne aumenta com a idade da árvore e varia de acordo com os tratamentos silviculturais, o vigor da árvore, a estrutura anatômica, as doenças e o controle genético, entre outros (Tyree; Zimmermann, 2002). Com o passar do tempo, durante a transformação de albarno para cerne, ocorre a deposição de lignina e outras diferentes substâncias químicas denominadas de extrativos, que ocasionam o escurecimento dos tecidos da madeira (Zobel; Sprague, 1998). De modo geral, a madeira de cerne possui coloração mais escura, apresenta baixa permeabilidade e elevada durabilidade natural (Carvalho, 2005).

A caracterização qualitativa da madeira considerou os seguintes parâmetros de avaliação: ataque de insetos, ataque de fungos, rachadura, empenamento e desvio da grã. Considerando-se esses parâmetros, foi proposto neste estudo uma nova equação que ponderasse a ocorrência e a intensidade

desses defeitos (Equação 1). Contudo, ressalta-se que os princípios lógicos de tal equação foram estabelecidos e/ou influenciados a partir de uma adaptação da fórmula geral de Kasper (1965) utilizada para avaliar o grau de infestação de pragas em frutíferas. A equação adaptada estabelece o grau

de ocorrência dos defeitos da madeira por meio da inter-relação entre a intensidade e a frequência de ocorrência. O resultado alcançado com a Equação 1 foi utilizado para determinar o índice de qualidade da madeira das espécies avaliadas, e os valores obtidos foram interpretados com auxílio da Tabela 3.

$$iQm = 1 - \left(\frac{\sum(n \times F)}{i \times (z \times N)} \right) \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: iQm = índice de qualidade da madeira; n = nota média atribuída ao defeito; F = frequência de ocorrência do defeito nas peças; i = número de defeitos avaliados; z = valor numérico da máxima intensidade na escala; e N = total de observações.

Tabela 3. Índice de qualidade da madeira (iQm) serrada, seguido das respectivas classificações.

iQm	Classificação da madeira serrada
> 0,90	Madeiras de elevada qualidade: indicadas para móveis e/ou outros fins exigentes em relação à qualidade da madeira serrada.
0,80 a 0,89	Madeiras de qualidade moderada: indicadas para usos que não exijam altos padrões de qualidade da madeira serrada.
< 0,80	Madeiras de baixa qualidade: inapropriada para diversas utilizações exigentes em relação à qualidade da madeira serrada. Não inviabiliza o uso para fins menos exigentes, como energia.

Como a coleta de dados considerou três diferentes grupos de essências florestais, nativas de ampla ocorrência, espécies exóticas e clones de *Eucalyptus*, os resultados foram apresentados considerando cada um desses grupos separadamente. Ao fim do trabalho, foi apresentado um item que compara as árvores que apresentaram o melhor desempenho para cada um dos grupos avaliados.

Resultados e discussão

A Tabela 4 mostra a intensidade e frequência de ocorrência de ataques de insetos, ataques de fungos e rachaduras nas tábuas de madeira das essências florestais avaliadas. As tábuas de pau-d'arco-roxo e angico não foram atacadas por insetos. O jatobá se destaca como o mais vulnerável ao ataque de insetos, com elevada intensidade e ocorrência em todas as tábuas (Figura 4 – a1 e a2). O acometimento por insetos nas tábuas do sobrasil exibiram intensidade baixa e frequência moderada.

As madeiras das espécies exóticas demonstraram baixo acometimento por ataque de fungos e insetos xilófagos, visto que a madeira de teca não sofreu ataques de insetos. As demais apresentaram

algum nível de intensidade de ataque (Figura 4 – b1, b2 e b3). Teca é uma espécie bastante difundida no mundo e sua madeira é considerada resistente aos ataques de insetos, resistência que se deve à presença de tectoquinona na madeira (Leonardo et al., 2015).

Paes et al. (2016) também observaram em suas pesquisas que as madeiras de teca apresentam maior resistência natural ao ataque de cupins do que as de acácia-australiana, casuarina (*Casuarina* sp.) e *Eucalyptus cloeziana*. Na pesquisa realizada por Motta et al. (2013), foi observado que o cerne de madeiras de teca provenientes de Minas Gerais, com 15 anos, mostra-se resistente ao cupim subterrâneo *Nasutitermes* sp. No entanto, de acordo com os autores, o alburno não apresentou resistência ao inseto, sugerindo que a cernificação da madeira da teca é essencial na resistência natural contra xilófagos.

Quanto à madeira dos clones de *Eucalyptus*, apenas a do clone GG680 foi atacada por insetos. No entanto, a intensidade do ataque foi baixa e pouco frequente nas tábuas. Em relação aos ataques por fungos, a madeira do clone VE41 foi acometida, também em baixa intensidade. Mesmo assim, a frequência da presença de fungos foi classificada como

moderada. O ataque por fungos em todas as tábuas dos clones de *Eucalyptus* ocorreram superficialmente e foram identificados apenas fungos manchadores de madeira (Figura 4 – c1, c2 e c3). Mesquita et al. (2006) identificaram a presença de diferentes fungos manchadores em tábuas de *E. grandis* durante a secagem ao ar livre. A infestação do ataque

foi mais frequente no início da secagem (umidade > 30%), sugerindo que esses fungos necessitam de umidade elevada para seu desenvolvimento.

De acordo com Moreschi (2013), apesar de os fungos manchadores comprometerem o aspecto visual da tábua, a perda de massa e das propriedades mecânicas da madeira não são significativas.

Tabela 4. Valores médios da intensidade e frequência para o ataque de insetos, ataque de fungos, rugosidade e rachadura nas tábuas de madeira de espécies nativas de ampla ocorrência, exóticas e clones de *Eucalyptus*.

Ocorrência	Espécie	Ataque de insetos		Ataque de fungos		Rachadura	
		In. ⁽¹⁾	Fr. ⁽²⁾	In. ⁽¹⁾	Fr. ⁽²⁾	In. ⁽¹⁾	Fr. ⁽²⁾
Nativas de ampla ocorrência	Sobrasil	0,33	M	0,17	PF	0,42	M
	Pau-d'arco-roxo	0,00	A	0,25	PF	0,25	PF
	Angico	0,00	A	0,00	A	0,17	PF
	Jatobá	3,50	SP	1,00	MF	0,50	M
Exóticas	Acácia-australiana	0,42	PF	0,33	PF	0,33	PF
	Mogno-africano	0,67	MF	0,00	A	0,42	M
	Chichá	0,08	PF	0,21	SP	0,17	PF
	Teca	0,00	A	0,25	PF	0,25	PF
	Nim-africano	0,58	MF	0,70	MF	0,17	PF
Clones de <i>Eucalyptus</i>	AEC1528	0,00	A	0,17	PF	2,33	SP
	VE41	0,00	A	0,33	M	1,83	SP
	GG702	0,00	A	0,00	A	2,17	SP
	GG680	0,17	PF	0,00	A	1,83	SP
	VE38	0,00	A	0,17	PF	0,75	MF

⁽¹⁾ In. = Intensidade do defeito, conforme Tabela 2, sendo: ausente (0,00); intensidade baixa (0,01–1,00); intensidade média (1,01–2,00); intensidade alta (2,01–3,99); e total (4,00).

⁽²⁾ Fr. = Frequência de ocorrência do defeito, conforme Tabela 1, sendo: PF = pouco frequente; M = moderado; MF = muito frequente; e SP = sempre presente.

Ao se comparar resultados com a literatura, comportamentos distintos são observados. As tábuas de jatobá analisadas por Marchesan et al. (2018) apresentaram baixos índices de ataque por organismos xilófagos. De acordo com o mesmo trabalho, a proporção de cerne nas peças era elevada, o que explica a divergência dos resultados entre os trabalhos. No presente estudo, a madeira avaliada não apresentava cerne formado, conforme indicado na Tabela 5.

Referente ao ataque por fungos, todas as espécies apresentaram intensidade baixa de acometimento nas peças, com exceção do angico, em que não ocorreu ataque. As tábuas de sobrasil e pau-d'arco-roxo foram pouco acometidas por fungos, e

as de jatobá com muita frequência. Espécies nativas apresentam alta durabilidade ao ataque de xilófagos; no entanto, de acordo com Costa e Cabral (2020), a forma de empilhamento, o grau de exposição e a estocagem da madeira serrada são fatores determinantes na ocorrência e intensidade de ataque por agentes biológicos degradadores de madeira.

Ataques por fungos não foram observados nas tábuas do mogno-africano. As demais espécies acometidas mostraram baixa intensidade de ataque (Figura 4 – d1 e d2). Todas as tábuas do chichá foram acometidas por fungos. Comparando-se os resultados com a literatura, identifica-se uma tendência de baixo ataque por fungos na madeira de espécies exóticas comercializadas no Brasil.



Figura 4. Defeitos verificados na madeira em análise: tábuas de jatobá atacadas por insetos (a1) e fungos (a2); tábuas de nim-indiano (b1), chichá (b2) e acácia-australiana (b3) atacadas por insetos; tábuas do clone de *Eucalyptus* VE41 (c1; c2 e c3) atacadas por fungos manchadores; tábuas de nim-africano (d1) e chichá (d2) atacadas por fungos; tábuas de pau-d'arco-roxo (e1), angico (e2), clones de *Eucalyptus* VE38 (f1) e GG702 (f2); tábuas do clone de *Eucalyptus* AEC1528 rachadas (g1) e VE41 sem rachaduras (g2). Material vegetal proveniente do plantio conduzido pela Embrapa Agroindústria Tropical e Embrapa Florestas, implantado com espécies arbóreas, entre 2010 e 2012, no município de Acaraú, Ceará.

Segundo a avaliação realizada por Silva et al. (2015), a madeira de teca apresenta boa resistência natural a fungos manchadores, mesmo em condições de saturação elevada. Paes et al. (2007), ao avaliarem a resistência natural de madeiras aos fungos xilófagos, classificaram as madeiras das espécies exóticas leucena (*Leucaena leucocephala*) e nim-indiano como muito resistente e resistente aos ataques, respectivamente.

A intensidade das rachaduras de todas as espécies nativas foi baixa. Com relação às frequências, é moderada nas amostras do sobrasil e jatobá, e pouco frequente nas de pau-d'arco-roxo e angico (Figura 4 – e1 e e2). Moretti et al. (2020) verificaram, para madeira de jatobá seca ao ar livre, a ocorrência de 66,7% de rachaduras. Os autores relatam que o defeito tem relação com a taxa de velocidade de secagem da madeira.

As espécies exóticas avaliadas exibiram baixos valores para rachaduras, e somente nas tábuas do mogno-africano foi observada frequência moderada, estando em concordância com a literatura. Apesar do destaque na maior frequência do defeito, as rachaduras na madeira serrada de mogno-africano possuem valores baixos. Estudos a respeito do mogno-africano constataram que as madeiras serradas dessa espécie não apresentam índices de rachaduras e empenamentos significativos a ponto de impactar na qualidade da peça (Reis et al., 2019). Silva et al. (2016) concluíram que os índices obtidos de empenamentos e rachaduras nas tábuas de mogno-africano (*K. ivorensis* e *K. senegalensis*) com 19 anos de idade não são expressivos o bastante ao ponto de inviabilizar a produção da madeira serrada das duas espécies. Santini et al. (2016), ao analisarem a qualidade da madeira de cajueiro-japones (*Hovenia dulcis*), não verificaram a presença de rachaduras.

As rachaduras estão sempre presentes nas madeiras dos clones de *Eucalyptus*, visto que, para o clone VE38, a classificação de ocorrência foi muito frequente, mas com intensidade baixa. Enquanto nos clones GG702 e AEC1528 foram observadas as maiores intensidades, categorizados como intensidade alta. Todavia, os clones VE41 e GG680 não mostraram diferenças na frequência e intensidade do defeito (Figura 4 – f1, f2, g1 e g2). Rocha e Tomaselli (2002) observaram nas tábuas de duas espécies de eucalipto a ocorrência muito frequente de rachaduras, em que 50% representavam rachaduras que se estendiam ao longo de todo comprimento da tábua. Segundo os autores, os modelos de desdobro tangencial e radial, juntamente com a secagem do material, influenciam no surgimento

desse defeito na madeira serrada. Para a madeira do eucalipto, recomenda-se o desdobro em tábuas radiais, pois apresentam melhores condições de uso, gerando menos rachaduras e empenamentos (Rocha; Truguilho, 2006). Outro aspecto que pode ser considerado é o desenvolvimento de programas de secagem para madeiras dessas espécies. Lima et al. (2022) explicaram que temperaturas e taxas de secagem adequadas podem reduzir consideravelmente a incidência de colapso, rachaduras e empenamentos.

Na Tabela 5, estão expostos os valores correspondentes aos defeitos do desvio da grã e empenamentos das essências florestais avaliadas. Para as nativas de ampla ocorrência, o pau-d'arco-roxo exibiu as maiores intensidades e frequência referente ao desvio da grã, defeito sempre presente e com intensidade média. As demais espécies nativas expressaram intensidade baixa, sendo muito frequente nas tábuas do sobrasil e angico e com frequência moderada nas tábuas do angico (Figura 5 – a1 e a2).

Comparando-se com outros estudos de madeiras nativas, de forma geral, percebe-se comportamento semelhante em relação aos baixos índices do desvio da grã. Farias (2020), avaliando as espécies da Caatinga, aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), angico-branco (*Anadenanthera colubrina*), canafistula (*Senna trachypus*), cedro (*Cedrela odorata*) e cumaru (*Amburana cearenses*), classificou quatro delas como grã direita (considerada normal e sem desvio). Almeida et al. (2013), ao classificarem visualmente a madeira amazônica paricá (*Schizolobium amazonicum*), descreveram o alinhamento da grã como direito.

Entre as espécies exóticas, o nim-indiano apresentou os maiores desvios da grã, com intensidade média e sempre presente. As demais espécies exibiram intensidades baixas e frequência variando de moderada a muito frequente. Vidaurre et al. (2017), estudando a relação da grã com as propriedades de crescimento e qualidade da madeira de mogno-africano (*K. ivorensis*) aos 19 anos, verificaram que o alinhamento da grã não teve relação com a densidade básica, as características dendrométricas das árvores, o deslocamento da medula e as propriedades mecânicas da madeira.

O desvio da grã estava sempre presente nas tábuas do clone AEC1528, que apresentou as maiores intensidades, classificada como intensidade alta. O clone VE41 apresentou valores medianos, com intensidade média e frequência sempre presente. Os clones GG702, GG680 e VE38 apresentaram intensidade baixa e muita frequência do desvio da

grã, exceto para o GG680, em que o defeito esteve sempre presente. Para todos os casos, foram identificadas apenas grã do tipo crespa (Figura 5 – b1 e b2).

Carvalho (2006) classificou a ocorrência do desvio da grã nas tábuas de *Eucalyptus* sp. e verificou que apenas 5% possuíam grã direita, tipo de grã considerada normal, com ou sem desvio. A autora

observou que os tipos de grã irregular mais comuns nas tábuas avaliadas foram grã reversa (em diversas direções) e grã ondulada.

Souza et al. (2003), ao avaliarem as características da madeira de dez clones de *Eucalyptus*, observaram médias elevadas de desvio da grã. A variação da grã possui forte influência genética (Silva et al. 2019).

Tabela 5. Valores médios da intensidade e frequência para desvio da grã e empenamentos das tábuas das madeiras das essências florestais nativas de ampla ocorrência, exóticas e de clones de *Eucalyptus*.

Ocorrência	Espécie	Desvio da grã		Empenamento	
		In. ⁽¹⁾	Fr. ⁽²⁾	In. ⁽¹⁾	Fr. ⁽²⁾
Nativas de ampla ocorrência	Sobrasil	0,83	MF	0,42	M
	Pau-d'arco-roxo	1,75	SP	0,75	MF
	Angico	1,00	MF	0,75	MF
	Jatobá	0,75	M	0,67	MF
Exóticas	Acácia-australiana	0,75	MF	1,67	SP
	Mogno-africano	0,58	M	0,33	PF
	Chichá	0,58	M	0,67	M
	Teca	0,67	M	0,83	SP
	Nim-indiano	1,33	SP	0,75	MF
Clones de <i>Eucalyptus</i>	AEC1528	2,08	SP	1,33	SP
	VE41	1,50	SP	1,08	SP
	GG702	0,75	MF	0,67	MF
	GG680	1,00	SP	0,58	MF
	VE38	0,92	MF	0,92	MF

⁽¹⁾In. = Intensidade do defeito, conforme Tabela 2, sendo: ausente (0,00); intensidade baixa (0,01–1,00); intensidade média (1,01–2,00); intensidade alta (2,01–3,99); e total (4,00).

⁽²⁾Fr. = frequência de ocorrência do defeito, conforme Tabela 1, sendo: PF = pouco frequente; M = moderado; MF = muito frequente; e SP = sempre presente.

Os empenamentos nas tábuas das espécies nativas exibiram um comportamento semelhante entre si, com baixa intensidade do defeito. Na maioria das espécies, excetuando-se o sobrasil, que apresentou frequência moderada, o defeito acometeu as tábuas com muita frequência. Comparando com a literatura, observa-se comportamento semelhante referente aos empenamentos em espécies nativas brasileiras.

Silva et al. (2019), ao avaliarem a qualidade da madeira serrada do mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla*) com 16 anos de idade, verificaram baixos resultados referente a empenamentos.

A maioria das espécies exóticas apresentou intensidade baixa de empenamentos, à exceção da acácia-australiana (Figura 5 – c1 e c2), que mostrou intensidade média e incidência constante do defeito. As frequências observadas em mogno-africano, chichá, nim-africano e teca foram pouco frequente, moderado, muito frequente e sempre presente, respectivamente. Avaliando a madeira de cajueiro-japonês (*H. dulcis*) com 25 anos de idade, Santini et al. (2016) observaram a presença de empenamentos nos três diferentes tratamentos de secagem; no entanto, os resultados observados enquadram-se nos valores permitidos pelas normas de classificação.

A Figura 5 (d1 e d2) ilustra os empenamentos nas tábuas dos clones, visto que nos clones AEC1528 e VE41 foram sempre presentes e de média intensidade, enquanto os clones GG702, GG680 e VE38 apresentaram comportamento semelhante, com intensidade baixa e muita frequência.

França et al. (2018), ao estudarem as madeiras de clones de *Eucalyptus* sp. com 10 anos de idade implantadas em Mogi Guaçu, SP, observaram a presença de diferentes tipos de empenamentos após a secagem. Segundo os autores, 36% das tábuas apresentaram arqueamento, 28% encanoamento e 62% encurvamento.

Já Santos (2002) observou uma tendência ao empenamento de moderado a leve nas tábuas de *E. grandis* com 16 anos, implantadas em Martinho Campos, MG. O estudo de Anjos (2013) observou, para os cinco clones de *E. saligna* com 11 anos de idade, uma frequência de empenamentos por clone variando de 10,5 a 34,5%. Para o autor, uma maneira de reduzir os defeitos de empenamentos na madeira serrada de eucalipto é o desdobro do tipo SSR (serrar-secar-resserrar) proposto pelo *Forest Products Laboratory*.

Na Tabela 6, pode ser observada a caracterização do cerne, do alburno e da cor das tábuas das madeiras das essências florestais avaliadas. Em relação à categorização da cor e porcentagem de cerne e alburno das espécies nativas avaliadas, o pau-d'arco-roxo e o jatobá apresentaram alburno na coloração clara, sem a presença de cerne nas amostras avaliadas. A espécie mais produtora de cerne foi o angico, seguido do sobrasil.

Considerando espécies nativas do Brasil, Gonçalves et al. (2010) verificaram, para as madeiras de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) com sete anos de idade, médias de 41,1% de cerne e 58,9% de alburno. Os autores explicam que a elevada porcentagem de alburno está relacionada com a baixa idade dos indivíduos.

Os cernes de angico e sobrasil possuem coloração bastante distinta, exibindo tons de rosa e marrom, respectivamente (Figura 5 – e1, e2, e3 e e4), enquanto as cores dos alburnos possuem semelhanças, exibindo diferentes tons de amarelo. Farias (2020) descreveu que a madeira do angico possui pouca distinção entre cerne e alburno e de coloração vermelho-claro. Carvalho (2003) relata que o alburno da madeira do angico possui coloração branco-amarelado e cerne castanho-avermelhado.

As espécies exóticas mogno-africano e chichá não apresentavam cerne nas amostras avaliadas, possuindo apenas madeira de alburno. A teca apresentou a maior quantidade de cerne, seguida do nim-africano e da acácia-australiana. Para as madeiras de espécies exóticas plantadas no Brasil, os estudos de formação, propriedades e porcentagem de cerne e alburno são escassos.

Os cernes de acácia-australiana, nim-africano e teca exibiram cores distintas, com cores laranja-escuro, marrom-alaranjado e rosa-alaranjado, respectivamente (Figura 5 – f1, f2, f3, f4 e f5). Mesquita et al. (2017) classificaram o cerne da madeira de teca como marrom-oliva, cor semelhante ao observado nesta pesquisa. De forma genérica, as cores das madeiras de alburno das espécies exóticas demonstraram tons claros e com diversidade. O alburno da madeira do mogno-africano está de acordo com as encontradas por França et al. (2015) para as madeiras de mogno-africano de *K. ivorensis* e *K. senegalenses* de 19 anos de idade, com cores variando entre rosa e vermelho.

Todos os indivíduos de eucalipto apresentaram formação de cerne. O clone VE38 exibiu a maior porcentagem de cerne, seguido dos clones AEC1528 e GG702, que não apresentaram diferença na proporção média de cerne. Os clones que demonstraram maiores proporções de alburno foram o VE41 e o GG680.

Lima et al. (2019) observaram porcentagem de cerne semelhante ao averiguado no presente estudo. Ao analisarem a qualidade da madeira do clone GG 100 (*E. grandis* x *E. urophylla*) com 7 anos, constataram médias de 48,6% de cerne e 51,4% de alburno. Alves e Paula (2020), ao estudarem a formação de cerne em cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* com diferentes idades, observaram uma porcentagem média de 21% aos 27 meses, indicando cernificação prematura nesses clones.

As proporções de cerne encontrados no presente estudo são menores do que as de Haselien et al. (2004). Ao estudarem as características tecnológicas da madeira de *E. grandis* aos 27 anos de idade, esses autores encontraram porcentagens de cerne por volta de 77,8%. Essas diferenças podem ser explicadas pelo fato de as árvores utilizadas no presente estudo terem 11 anos de idade, com desenvolvimento inicial do cerne, estrutura essencial no suporte do vegetal e, geralmente, com menor vulnerabilidade ao ataque de agentes xilófagos.



Figura 5. Desvio da grã nas tábuas de pau-darco-roxo (a1) e angico (a2); tábuas dos clones de *Eucalyptus* GG680 com desvio da grã direita (b1) e VE41 com grã crespa (b2); empenamento nas tábuas de acácia-australiana (c1) e nim-indiano (c2); tábuas dos clones de *Eucalyptus* VE38 não empenada (d1) e do VE41 empenadas (d2); variação das cores para tábuas de sobrasil (e1), pau-d'arco-roxo (e2), angico (e3) e jatobá (e4); variação das cores para tábuas de acácia-australiana (f1), mogno-africano (f2), chichá (f3), nim-indiano (f4) e teca (f5); variação das cores para tábuas dos clones de *Eucalyptus* AEC1528 (g1), VE41 (g2), GG702 (g3), GG680 (g4) e VE38 (g5). Material vegetal proveniente do plantio conduzido pela Embrapa Agroindústria Tropical e Embrapa Florestas, implantado com espécies nativas, exóticas e clones de *Eucalyptus*, entre 2010 e 2012, no município de Acaraú, Ceará.

As tábuas de todos os clones de *Eucalyptus* exibiram o cerne com coloração variando entre tons de rosa (Figura 5 – g1, g2, g3, g4 e g5). A cor da madeira do alburno na maioria das tábuas foi parada, com exceção do GG702, que apresentou tom marrom-claro.

A avaliação visual da coloração da madeira pode ser bastante variada. No entanto, as cores observadas neste estudo estão de acordo com a bibliografia

consultada (Lopes, 2007). Segundo este autor, as madeiras de *E. urophylla*, *E. dunnii* e *E. grandis* apresentaram a coloração do cerne rosado, bege e rosado, respectivamente. As cores e suas variações nas peças de madeira são bastante relevantes na produção de móveis, visto que possibilitam uma versatilidade fundamental para atender as preferências dos consumidores e acompanhar as diferentes tendências do mercado.

Tabela 6. Valores percentuais de ocorrência do cerne e do alburno, frequência de ocorrência do cerne, cores do cerne e do alburno das tábuas das madeiras das essências florestais nativas de ampla ocorrência, exóticas e de clones de *Eucalyptus*.

Ocorrência	Espécie	Cerne		Alburno*	
		In. ⁽¹⁾ (%) Fr. ⁽²⁾	Cor	In. ⁽¹⁾ (%)	Cor
Nativas de ampla ocorrência	Sobrasil	29,25 MF	Rosa-escuro	70,75	Amarelo-alaranjado
	Pau-d'arco-roxo	00,00 A	-	100,0	Acinzentado-claro
	Angico	41,25 SP	Marrom-escuro	58,25	Amarelo
	Jatobá	00,00 A	-	100,00	Branco-acinzentado
Exóticas	Acácia-australiana	10,50 M	Laranja-escuro	89,50	Cinza-claro
	Mogno-africano	00,00 A	-	100,00	Rosa-claro
	Chichá	00,00 A	-	100,00	Amarelo-claro
	Teca	43,75 SP	Marrom-alaranjado	56,25	Esbranquiçada
	Nim-indiano	31,25 SP	Rosa-alaranjado	68,75	Branco-acinzentado
Clones de <i>Eucalyptus</i>	AEC1528	37,50 MF	Rosa-médio	62,50	Pardo
	VE41	27,00 MF	Rosa-claro	73,00	Pardo
	GG702	37,50 SP	Rosa-escuro	62,50	Marrom-claro
	GG680	31,25 SP	Rosa-claro	68,75	Pardo
	VE38	50,00 SP	Rosa-claro	50,00	Pardo

⁽¹⁾In. = Intensidade, em percentual, de ocorrência do cerne ou do alburno.

⁽²⁾Fr. = frequência de ocorrência do defeito, conforme Tabela 1, sendo: PF = pouco frequente; M = moderado; MF = muito frequente; e SP = sempre presente.

*Para o alburno, não foi representada a frequência por esta estar sempre presente em todas as espécies.

Qualidade das madeiras

Na Tabela 7, são exibidos valores médios dos índices de qualidade da madeira (iQm) dos materiais genéticos avaliados no presente estudo. Seis materiais genéticos foram classificados como madeiras de elevada qualidade. O mogno-africano e o

sobrasil exibiram os maiores valores de índice de qualidade, classificadas como madeiras com elevada qualidade. O índice de qualidade da madeira do pau-d'arco-roxo foi moderado. Na madeira do jatobá, apesar de apresentar elevados índices na maioria dos parâmetros, obteve-se a classificação

de baixa qualidade da madeira devido aos severos ataques de insetos. Para atingir melhores índices, é necessário realizar o abate de árvores com idade mais avançada do que as realizadas neste estudo, a fim de que ocorra o desenvolvimento do cerne.

Referente à qualidade da madeira das espécies exóticas, nenhuma delas foi classificada como de baixa qualidade. As madeiras do mogno-africano, chichá e teca atingiram elevada qualidade, com índices superiores para as madeiras da teca. Resultados semelhantes foram obtidos por Mascarenhas et al. (2021) ao estudarem a madeira de teca produzida em sistema agroflorestal na Amazônia. Esses autores indicaram que a madeira estudada, mesmo apresentando elevadas proporções de madeira juvenil, apresentou elevada resistência à compressão paralela à grã e elevada estabilidade dimensional, o que indica alta aptidão para aplicação dessa madeira em movelaria.

Quanto ao mogno-africano, Mascarenhas et al. (2022) informaram em suas pesquisas que a presença de compostos polifenólicos e de limonoides confere à madeira dessa espécie elevada resistência

natural ao ataque de fungos e insetos. As demais espécies, acácia-australiana, chichá e nim-indiano, foram classificadas como madeiras de qualidade moderada, em que o nim-indiano apresentou os menores índices de qualidade referente à sua essência florestal.

O clone VE38 mostrou o melhor resultado entre os clones de *Eucalyptus* estudados, sendo o único a atingir a classificação de elevada qualidade da madeira, indicando aptidão para aplicação em movelaria. Os clones GG702 e GG680 foram classificados como madeiras de qualidade moderada, não indicadas na confecção de produtos que exijam altos padrões de qualidade. Já os clones AEC1528 e VE41 foram considerados como madeira de baixa qualidade, não indicados para produção de móveis.

O desvio da grã e os empenamentos foram os defeitos que, entre as espécies com melhores médias, apresentaram menores índices de qualidade da madeira. Todas as espécies selecionadas como de elevada qualidade, com exceção do mogno-africano, apresentaram cerne com desenvolvimento ligeiramente avançado.

Tabela 7. Classificação com base no índice de qualidade da madeira (iQm) das espécies provenientes do plantio florestal (nativas, exóticas e clones de *Eucalyptus*), implantado pela Embrapa Agroindústria Tropical e Embrapa Florestas, em Acaraú, Ceará.

Ocorrência	Espécie	iQm ⁽¹⁾	Classificação
Nativas de ampla ocorrência	Sobrasil	0.946	Elevada
	Pau-d'arco	0.880	Moderada
	Angico	0.938	Elevada
	Jatobá	0.746	Baixa
Exóticas	Acácia-australiana	0.878	Moderada
	Mogno-africano	0.954	Elevada
	Chichá	0.906	Elevada
	Teca	0.942	Elevada
	Nim-africano	0.872	Moderada
Clones de <i>Eucalyptus</i>	AEC1528	0.718	Baixa
	VE41	0.792	Baixa
	GG702	0.848	Moderada
	GG680	0.848	Moderada
	VE38	0.918	Elevada

⁽¹⁾ Índice de qualidade da madeira (iQm). Valores próximos a 1 indicam maior qualidade.

Conclusões

- O índice de qualidade da madeira serrada (iQm) proposto se apresenta como uma alternativa simples, rápida e de fácil utilização para classificar a madeira serrada de espécies florestais.

- Outra característica relevante do índice é sua flexibilidade, podendo ser incluídos ou excluídos defeitos na análise; ou, ainda, ajustados valores limites para aceitabilidade ou descarte de peças, considerando-se os usos pretendidos para o material e as necessidades e exigências dos usuários.

- Destaca-se, ainda, que a análise foi realizada com árvores jovens (entre 10 e 12 anos), sendo prováveis mudanças nos resultados ao se avaliar a madeira adulta dessas mesmas espécies. Apesar disso, foi possível verificar que, para determinadas espécies, a madeira juvenil oriunda de eventuais desbastes apresenta potencial para ser empregada em múltiplas aplicações.

- As madeiras de elevada qualidade, tendo em vista os parâmetros utilizados nesta avaliação, foram *A. colubrina*, *C. glandulosa*, *K. ivorensis*, *S. foetida*, *T. grandis* e o clone VE38.

Agradecimentos

À Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (Adece), ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB) e à Embrapa Agroindústria Tropical pelo suporte financeiro.

Aos demais parceiros do projeto: Embrapa Florestas, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), Sindicato das Indústrias de Móveis do Ceará (Sindmóveis), Sindicato das Indústrias de Serrarias Carpintarias e Tanoarias de Fortaleza (Sindserrarias), Instituto de Desenvolvimento Industrial do Ceará (INDI) e Fabricantes Associados de Marco (FAMA).

À Empresa Copan Agro Industrial Ltda. pela disponibilidade da infraestrutura e do pessoal que atuou no desdobro das toras de madeira, em especial ao Engenheiro Agrônomo José Walter Rabelo Gadelha.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); à Fundação de Apoio à Pesquisa do estado do Rio Grande do Norte (FAPERN) e ao Conselho de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelas bolsas e pelos financiamentos concedidos; à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) pelo apoio.

Referências

- ALMEIDA, D. H.; SCALIANTE, R. M.; MACEDO, L. B.; MACÊDO, A. N.; DIAS, A. A.; CHRISTOFORO, A. L.; CALIL JUNIOR, C. Caracterização completa da madeira da espécie amazônica Paricá (*Schizolobium amazonicum* Herb) em peças de dimensões estruturais. **Revista Árvore**, v. 37, n. 6, p. 1175-1181, 2013.
- ALVES, G. M.; PAULA, N. F. Formação de cerne em clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. In: Simpósio de tecnologia ambiental, biocombustíveis e marketing, v. 12, n. 1, 2020, Jaboticabal/SP. **Anais eletrônicos**, Jaboticabal: FATEC-JB, 2020.
- ANJOS, R. A. M. **Estudo da qualidade da madeira serrada de três espécies de Eucalipto**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.
- ARAUJO, J. D. M. **Desempenho silvicultural e caracterização lignocelulósica de espécies florestais em Acaraú, CE**. Tese (Doutorado em Agronomia/ Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2019.
- ASSIS, T. F. Estratégias de melhoramento para a obtenção de madeira de qualidade para laminação e serraria. In: SEMINÁRIO DE MADEIRA DE EUCALIPTO: TENDÊNCIAS E USOS, 2001, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba, 2001. p. 1-18.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo setorial 2022**. Disponível em: <https://abimci.com.br/publicacoes/estudo-setorial/>. Acesso em: 24 jul. 2023.
- BECK, E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. Data Descriptor: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v. 5, 180214, 2018.
- CAMPELO, A. Discursos e práticas à volta das árvores e suas utilidades. **Quaternary Studies**, v. 16, p. 1-15, 2017. DOI: <https://doi.org/10.30893/eq.v0i16.136>.
- CARVALHO, A. M. M. L. **Estrutura anatômica e química da madeira**. Viçosa: UFV, 2005. 44 p.
- CARVALHO, D. S. **Avaliação da secagem ao ar livre e usinagem da madeira de *Eucalyptus urophylla* para produção de móveis**. 2006. 49 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2006.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/publicacoes/especies-arboreas-brasileiras>. Acesso em: 24 jul. 2023.

- COELHO, J. C. F.; VIDAURRE, G. B.; SILVA, J. G. M.; ALMEIDA, M. N. F.; OLIVEIRA, R. F.; SEGUNDINHO, P. G. A.; ALVES, R. C.; HEIN, P. R. G. Wood grain angles variations in *Eucalyptus* and their relationships to physical-mechanical Properties. **Holzforschung**, v. 74, n. 12, p. 1089-1097, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/hf-2019-0131>.
- CORADIN, V. T. R.; CAMARGOS, J. A. A. **Noções sobre anatomia da madeira e identificação anatômica**. Brasília, DF: IBAMA, 2001. 43 p.
- CORREIA, D.; SOUSA, J. A. de; VIANA, F. M. P.; MESQUITA, A. L. M.; MIRANDA, F. R. de; NEVES, E. J. M.; WENDLING, I.; SANTOS, A. M.; CARPANEZZI, A. A.; CARVALHO, P. E. R.; ARAÚJO, J. D. M.; NASCIMENTO, E. H. S. do. **Teste e seleção de espécies arbóreas para a indústria do polo moveleiro de Marco, CE (Fase I)**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2017. 44 p. (Embrapa Agroindústria Tropical Documentos, 178). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/171280/1/DOC17006.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2023.
- COSTA, A. L. S.; CABRAL, C. P. T. Madeiras nativas atacadas por agentes xilófagos durante o processo de secagem no Estado do Amapá. In: OLIVEIRA, R. J. (Org.). **Engenharia Florestal: Desafios, limites e potencialidades**. Guarujá: Científica, 2020. p. 594-603.
- CRÊSPO, E. A. **Tensão de crescimento e suas consequências, controláveis e não controláveis, no desdobro e secagem do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna***. 2000. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- FARIAS, D. T. **Caracterização macroscópica e física da madeira de cinco espécies da Caatinga**. 2020. 39 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2020.
- FERNANDES, A. Biodiversidade do Semiárido nordestino. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1992, São Paulo. **Anais eletrônicos**, São Paulo, 1992. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/iflorestal/iframe/RIF4-1/RIF4-1_119-124.pdf. Acesso em: 04 set. 2022.
- FRANÇA, M. C.; JUÍZO, C. G. F.; ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J.; SILVA, J. R. M.; CONTI JUNIOR, J. L. F.; BASSA, A. G. M. C. Qualidade da tora e da madeira de clones de *Eucalyptus* para utilização na indústria de madeira serrada. **Ciência da Madeira**, v. 10, n. 1, p. 8-17, 2018.
- FRANÇA, T. S. F. A.; ARANTES, M. D. C.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; BARAÚNA, E. E. P. Características anatômicas e propriedades físico-mecânicas das madeiras de duas espécies de mogno africano. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 4, p. 633-640, 2015.
- GONÇALVES, C. A.; LELIS, R. C. C.; ABREU, H. dos. S. Caracterização físico-química da madeira de sabá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 54-62, 2010.
- GROSSER, D. **Defeitos da madeira**. Curitiba: FUPEF, 1980. 63 p. (Serie Técnica, 2).
- HASELIEN, C. R.; LOPRES, M. C.; SANTINI, E. J.; LONGHI, S. J.; ROSSO, S.; FERNANDES, D. L. G.; MENEZES, L. F. Características tecnológicas da madeira de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 145-155, 2004.
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). **Perfil Básico Municipal: Marco**. Fortaleza, Ceará, 2009. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Marco_2009.pdf. Acesso em: 05 set. 2022.
- JANKOWSKY, I. P.; GALINA, I. C. M. **Secagem de madeiras**. Piracicaba: ITTO/ANPM, 2013. 36 p.
- JANKOWSKY, I. P.; GALVÃO, A. P. M. **Principais usos da madeira de reflorestamento**: reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. Brasília, DF: Embrapa Florestas, 2000. Disponível em: <https://docplayer.com.br/46830704-Principais-usos-da-madeira-de-reflorestamento.html>. Acesso em: 17 ago. 2022.
- KASPER, H. Erörterungen zur Prüfung von Fungiziden im Obstban. **Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer**, Leverkusen, n. 18, p. 83-92, 1965.
- LEONARDO, F. V. S.; ROCHA, H. F.; MENDOZA, Z. M. S. H. Compostos químicos em teca. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 83, p. 315-322, 2015.
- LIMA, P. A. F.; DEMARCHI, J.; SILVA, M. F.; MORAES, M. D. A.; CALDAS, D. J.; SETTE-JÚNIOR, C. R. Qualidade da madeira de eucalipto para aplicação como mourão tratado. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 42, n. 2, p. 509-519, 2019.
- LIMA, M. F. M.; MASCARENHAS, A. R. P.; PEREIRA, B. L. C.; SUSIN, F.; SILVA, G. A. O.; STANGERLIN, D. M. Experimental characterization of density, defects and drying kinetic of three amazonian wood species: *Astronium lecointei*, *Dinizia excelsa*, and *Hymenobium heterocarpum*. **Wood Material Science & Engineering**, p. 1-11, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480272.2022.2125339>.
- LOPES, C. S. D. **Caracterização da madeira de três espécies de eucalipto para uso em movelaria**. 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais)

– Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba/SP, 88 p., 2007.

MARCHESAN, R.; LOIOLA, P. L.; JUIZO, C. G. F.; FRANÇA, M. C.; ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J. Rendimento em madeira serrada de três espécies amazônicas para duas classes de qualidade. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 9, n. 3, p. 143-151, 2018.

MARQUES, M. H. B.; MARTINS, V. A. **Secagem da madeira**. Brasília, DF: LPF, 2002. 47 p.

MASCARENHAS, A. R. P.; SCCOTI, M. S. V.; MELO, R. R.; CORRÊA, F. L. O.; SOUZA, E. F. M.; PIMENTA, A. S. Quality assessment of teak (*Tectona grandis*) wood from trees grown in a multi-stratified agroforestry system established in an Amazon rainforest area. **Holzforchung**, Berlim, v. 75, n. 5, p. 409-418, 2021.

MASCARENHAS, A. R. P.; SCCOTI, M. S. V.; MELO, R. R.; CORRÊA, F. L. O.; SOUZA, E. F. M.; PIMENTA, A. S. Wood quality of *Khaya senegalensis* trees from a multi-stratified agroforestry system established in an open ombrophilous forest zone. **Wood Material Science & Engineering**, United Kingdom, v. 17, n. 6, p. 858-867, 2022.

MESQUITA, J. B.; LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F. Micobiota associada à madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden durante a secagem ao ar livre. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 45-50, 2006.

MESQUITA, R. R. S.; GONÇALEZ, J. C.; PAULA, M. H. Comportamento da madeira de *Tectona grandis* frente ao intemperismo. **Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 1, p. 29-35, jan. / mar. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.5380/ufpr.v47n1.38562>.

MORESCHI, J. C. **Biodegradação e Preservação da Madeira**. 4. ed. Curitiba: UFPR, 2013. 49, p. v. 1.

MORETTI, S. D. A.; SANTOS, C. M. M.; MASCARENHAS, A. R. P.; OLIVEIRA, J. P.; ANJOS, S. P. Avaliação do processo de secagem ao ar livre da madeira de jatobá na Amazônia. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 9, p. 1-21, 2020.

MOTTA, J. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; PAES, J. B.; ALVEZ, R. C.; VIDAURE, G. B. Resistência natural da madeira de *Tectona grandis* em ensaio de laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n.8, p.1393-1398, ago. 2013.

MOURA, M. S. B.; ESPINOLA-SOBRINHO, J.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, W. M. Aspectos meteorológicos do Semiárido brasileiro. In: XIMENES, L. F.; SILVA, M. S. L. da; BRITO, L. T. de L. (ed.). **Tecnologias de convivência com o Semiárido brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2019. p. 85-104.

PAES, J. B.; GUERRA, S. C. S.; SILVA, L. F.; OLIVEIRA, J. G. L.; TEAGO, G. B. S. Efeito do teor de extrativos na resistência natural de cinco madeiras ao ataque de cupins xilófagos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1259-1269, 2016.

PAES, J. B.; MELO, R. R.; LIMA, C. R. Resistência natural de madeiras a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 47, p. 199-210, 2007.

REIS, C. A. F.; OLIVEIRA, E. B.; SANTOS, A. M. **Mogno-africano (*Khaya spp.*): atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 378 p.

ROCHA, M. P.; TOMASELLI, I. Efeito de modelo de desdobro na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 70-83, 2002.

ROCHA, M. P.; TRUGILHO, P. F. Qualidade de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii* em função do método de desdobro e condição de umidade. **Cerne**, v. 12, n. 4, p. 314-321, 2006.

SANTINI, E. J.; TALGATTI, M.; SILVEIRA, A. G.; HASELEIN, C. R.; AZAMBUJA, R. R. Secagem e qualidade da madeira serrada de *Hovenia dulcis*. **Scientia Agraria**, Marechal Cândido Rondon, v. 15, n. 4, p. 460-463, 2016.

SANTOS, G. R. V. **Otimização da secagem da madeira de *Eucalyptus grandis* [Hill ex Maiden]**. 2002. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Tecnologias de Madeiras) – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba, 2002.

SILVA, A. K. V. **Avaliação da produtividade de espécies florestais em diferentes regimes de irrigação no semiárido brasileiro**. 2023. 50 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociedade) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2023.

SILVA, J. G. M.; VIDAURE, G. B.; MININI, D.; OLIVEIRA, R. F.; ROCHA, S. M. G.; GOLÇALVES, F. G. Qualidade da madeira de mogno brasileiro plantado para a produção de serrados. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 47, n. 121, p. 1-12, 2019.

SILVA, M. S.; RODRIGUES, C.; MARIA, L. S.; MARQUES, F. C.; DAVID, G. Q. Avaliação da resistência natural da madeira de teca (*Tectona grandis*) ao ataque de fungos manchadores. In: SEMINÁRIO DE BIODIVERSIDADE E AGROECOSSISTEMAS AMAZÔNICOS, 3., Cáceres, 2015. **Anais eletrônicos**, Alta Floresta: SEBAAM, 2015. v. 2, n.1, p. 84-89.

SILVA, S. J. M.; VIDAURE, G. B.; ARANTES, M. D. C.; BATISTA, D. C.; SORANSO, D. R.; BILLO, D. F. Qualidade da madeira de mogno africano para produção

de serrados. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 181-190, 2016.

SILVA, J. S. C. **Anatomia da madeira e suas implicações tecnológicas**. Viçosa: UFV, 2005. 296 p.

SOUZA, M. A. M.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S. Deformação residual longitudinal e sua relação com algumas características de crescimento e da madeira em clones de *Eucalyptus*. **Floresta**, Curitiba, v. 33, n. 3, p. 275-284, 2003.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Delimitação do Semiárido**. Recife: SUDENE, 2021. 272 p. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/02semiaridorelatorionv.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2023.

TYREE, M. T.; ZIMMERMANN, M. H. **Xylem structure and the Ascent of Sap**. Berlim: Springer-Verlag, 2002. 250 p.

VIDAURRE, G. B.; SILVA, J. G. M. da; CASTRO, M. de; COELHO, J. C. F.; BRITO, A. S.; MOULIN, J. C. Relação da grã com algumas variáveis do crescimento e propriedades da madeira de *Khaya ivorensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 114, p. 249-259, 2017.

ZOBEL, B. J.; SPRAGUE, J. R. **Juvenile Wood in Forest Trees**. Berlim: Springer-Verlag, 1998. 300 p.



*Ministério da
Agricultura e Pecuária*