

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/326262183>

# Silvicultura e Tecnologia de Espécies da Mata Atlântica

Book · June 2018

---

CITATIONS  
21

---

READS  
13,385

2 authors:



**Samir G. Rolim**

81 PUBLICATIONS 2,236 CITATIONS

SEE PROFILE



**Daniel Piotto**

Universidade Federal do Sul da Bahia

94 PUBLICATIONS 7,348 CITATIONS

SEE PROFILE

# SILVICULTURA E TECNOLOGIA DE ESPÉCIES DA MATA ATLÂNTICA

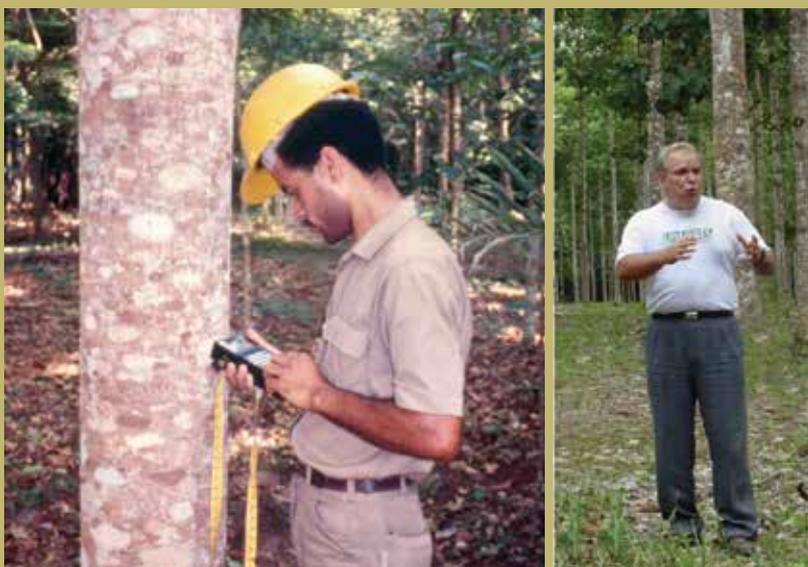
Samir G. Rolim & Daniel Piotto (Editores)



Diversos pesquisadores contribuíram para a silvicultura de espécies nativas da Mata Atlântica. Gostaríamos de reconhecer a contribuição de duas pessoas em particular: Renato de Jesus e Jonacyr de Souza. Renato planejou e conduziu mais de uma centena de experimentos silviculturais, boa parte retratados neste livro. Jonacyr dedicou mais de 25 anos à mensuração de todas as árvores desses experimentos.

Estendemos nossos agradecimentos à VALE e aos seus colaboradores que trabalham na Reserva Natural Vale, em Linhares (ES), por facilitarem os trabalhos de campo e incentivar esse estudo. Essa Reserva é amplamente reconhecida por sua contribuição à conservação da biodiversidade e agora faz uma grande contribuição para a silvicultura de espécies nativas, com dados de crescimento e qualidade da madeira de espécies da Mata Atlântica. Também agradecemos ao WRI Brasil, Projeto VERENA, UICN Brasil, CIFF, Roberto Waack, Ana Yang e à Symbiosis, pelo apoio e incentivo durante a elaboração deste livro.

### **Os editores**





### **Sistema silvicultural com alta diversidade de espécies**

Sistemas silviculturais para produção de madeira sólida baseados no consórcio de várias espécies, como na foto acima, são raros, devido a complexidade de se manejar um sistema onde as espécies apresentam diferentes taxas de crescimento, diferentes ciclos de corte e diferentes exigências de luz e espaço para crescimento. Entretanto, sistemas policíclicos podem garantir a manutenção da floresta em pé, sem corte raso, uma vez que a alta diversidade de espécies pode garantir colheitas sucessivas, além de trazer de volta uma conectividade funcional, principalmente nas paisagens mais degradadas na Mata Atlântica. É um sistema a ser almejado para a silvicultura de espécies nativas, principalmente nas áreas de Reserva Legal degradadas da Mata Atlântica. Foto: Flávio Gontijo

# **SILVICULTURA E TECNOLOGIA DE ESPÉCIES DA MATA ATLÂNTICA**

Samir G. Rolim & Daniel Piotto (Editores)

# prefácio

A evolução biológica foi muito generosa com o continente sul-americano na expressão de sua máxima biodiversidade. Estima-se que existam no território brasileiro mais de 15 mil espécies arbóreas. Estas espécies evoluíram sob condições climáticas e edáficas bastante distintas, dos trópicos úmidos passando por regiões semiáridas tropicais ou acentuadamente sazonais, áreas sazonalmente alagadas, até climas mais temperados e de altitude. Portanto, a variabilidade edafo-climática gerou numerosas famílias, gêneros e espécies com milhares de variações em todas as suas características. Seria, assim, bastante improvável que inúmeras destas distintas características não pudessem encontrar utilidade e aplicação para nossa espécie, o *Homo sapiens*.

Entretanto, o modelo de expansão da fronteira de agricultura e pecuária desde a chegada dos colonizadores ibéricos até os dias de hoje baseou-se na substituição dos ecossistemas nativos por culturas agrícolas, espécies arbóreas exóticas ou pastagens. A maior parte do esforço de pesquisa agrícola no país dos últimos 50 anos concentrou-se na 'tropicalização' de culturas agrícolas, gramíneas e arbóreas, e espécies animais, todas importadas de outras partes do mundo, esforço este implementado com relativo sucesso e que tornaram o Brasil uma potência agropecuária e florestal mundial.

Historicamente, o bioma mais afetado por este modelo de desenvolvimento foi a Mata Atlântica, onde restam pouco mais de 10% da vegetação florestal original. Ironicamente, esse bioma registra possivelmente a maior diversidade de espécies arbóreas do planeta, registrando acima de 400 diferentes espécies por hectare em locais preservados no sul da Bahia.

Entretanto, a silvicultura no Brasil utiliza quase que exclusivamente somente duas espécies exóticas - pinus e eucalipto - cobrindo 98% da área total de silvicultura de escala industrial. Muito timidamente, este quadro começa a mudar com a valorização cultural e econômica de produtos da nossa biodiversidade, notadamente de duas espécies arbóreas nativas - paricá e araucária - mas ocupando pouco mais de 1% da área das plantações. Isso reflete falta de imaginação de concebermos um modo tropical de desenvolvimento, onde ativamente buscássemos através de ciência, tecnologia e inovações nacionais aproveitamento de nossa incomparável biodiversidade.

O Brasil se comprometeu a reflorestar 12 milhões de hectares até 2030 como parte de seus compromissos de mitigação das mudanças climáticas no âmbito do

Acordo de Paris. Para o atingimento da meta de limitar o aquecimento global em menos de 2°C, o reflorestamento pode tornar-se a principal medida de retirada de bilhões de toneladas de gás carbônico da atmosfera e armazená-las na floresta em crescimento não somente até 2030, mas por toda a duração deste século. Abre-se, assim, uma oportunidade sem precedentes de implementar projetos de silvicultura com espécies nativas em paisagens degradadas.

Entretanto, a silvicultura de espécies nativas nesta escala depende criticamente em desenvolver estudos científicos e experimentos de campo que demonstrem as melhores práticas, inclusive sobre a viabilidade financeira de tais empreendimentos.

*Silvicultura e Tecnologia de Espécies da Mata Atlântica* revisita o conhecimento existente sobre práticas e resultados de experimentos de campo de projetos de silvicultura com espécies nativas nos domínios da Mata Atlântica, especialmente no norte do Espírito Santo e sul da Bahia. O livro descreve os principais atores em todos os setores da cadeia da silvicultura de espécies nativas, desde a necessária pesquisa e desenvolvimento, passando por uma série de experimentos de campo, da busca de sementes com diversidade genética até testes com diversos modos de produção, olhando igualmente a viabilidade econômica e necessidades de investimento, e quantificando o potencial de sequestro de carbono e muitos outros benefícios econômicos e ambientais que a silvicultura com espécies nativas pode trazer ao Brasil e ao planeta.

Este livro deixa uma mensagem clara de que os modos estudados e testados de silvicultura com espécies nativas são viáveis, inclusive sistemas agroflorestais e de restauração, apontando os caminhos presentes e futuros de implantação de uma moderna silvicultura baseada em aproveitamento econômico de espécies da biodiversidade brasileira, fortemente baseada em ciência e tecnologia e participação social, trazendo em seu bojo não somente desenvolvimento econômico, mas igualmente melhor qualidade de vida e renda para todos os participantes deste esforço, em resumo, desenvolvimento sustentável.

O conteúdo deste livro é rico em informações e inspirador para todos aqueles que desejem saber mais sobre um caminho inovador, mas bastante factível, para a silvicultura brasileira e uma nova economia florestal.

**Prof. Carlos A. Nobre**  
Abril 2018

# apresentação

Apraz-me enaltecer a feliz iniciativa dos editores Samir Rolim e Daniel Piotto, e parabenizá-los por nos brindar, a todos da comunidade florestal brasileira, com a obra *Silvicultura e Tecnologia de Espécies da Mata Atlântica*.

Nela está em destaque um conjunto de espécies com potencial madeireiro pesquisado nos extraordinários plantios localizados na Reserva Natural Vale, em Linhares, ES.

Ainda que os pesquisadores florestais tenham conseguido destacados avanços técnico-científicos sobre as espécies exóticas introduzidas no Brasil, visando o suprimento de matéria prima para a indústria florestal brasileira, não se pode deixar à parte o enorme potencial qualitativo latente das espécies nativas, especialmente as ocorrentes na Mata Atlântica. Suas espécies com potencial madeireiro, presentes na Floresta Ombrófila Densa, na Floresta Estacional Semidecidual e na Floresta Ombrófila Mista constituem expressivo acervo para a silvicultura brasileira e, dedicar tempo para introduzi-las no processo produtivo nacional é mais do que uma louvável causa, é reconhecer e valorizar o nosso patrimônio genético.

A obra, além de focar nova visão para a economia florestal brasileira, com a participação das espécies nativas da Mata Atlântica integrando um projeto pioneiro, aborda também a temática de seu crescimento e alometria, visando a produção de madeira e de biomassa para consumo nacional e internacional.

Certamente que essa experiência vivenciada na Reserva Natural Vale merece destaque, como iniciativa pioneira e louvável para promover as espécies nativas brasileiras, porém ainda há muito a se fazer para o aprimoramento de técnicas silviculturais mais eficazes para produzi-las, implantar um programa de melhoramento genético para produção de árvores com maior qualidade e propiciar as condições laboratoriais para avaliação permanente das características tecnológicas da madeira produzida nesses plantios.

Estou convicto que esta obra será muito apreciada pelos estudantes, profissionais, professores e empresários florestais de todo o país.

**Prof. Sylvio Péllico Netto**  
Engenheiro Florestal – UFPR – 1965  
Abril 2018

O livro sob o título *Silvicultura e Tecnologia de Espécies da Mata Atlântica* resultou de uma feliz ideia capitaneada pelos professores Daniel Piotto e Samir Rolim e principalmente de Renato Moraes de Jesus e colaboradores, que em uma época, em que só se pensava em plantios e pesquisas com espécies exóticas de rápido crescimento, implantou experimentos com inúmeras espécies nativas e que hoje após quase 40 anos serviram de base para escrever esta importante obra, que certamente traz conhecimentos inéditos sobre as espécies pesquisadas.

A Reserva Natural Vale, em Linhares, Espírito Santo, constitui um dos últimos remanescentes bem preservados do bioma Mata Atlântica graças à iniciativa da própria empresa e da visão de profissionais competentes e visionários que se dedicaram ao plantio e cuidados silviculturais com espécies nativas. O estabelecimento de parcelas permanentes cujos resultados de medições sucessivas já propiciaram importantes publicações, hoje após quase quatro décadas, forneceram dados necessários para que a presente obra se tornasse realidade, envolvendo a participação de inúmeros autores/coautores que brilhantemente colocaram-na a disposição do público em geral.

Este livro contém importante contribuição e informações sobre aspectos silviculturais, do crescimento e produção, de relações dendrométricas e de análises envolvendo tecnologia da madeira, campo este totalmente inovador para as espécies estudadas. Aborda também em seu primeiro capítulo o estado da arte da silvicultura de nativas do importante, outrora vasto e exuberante bioma Mata Atlântica. Em seu último capítulo são apresentados estudos mais detalhados de algumas das principais espécies estudadas contendo dados inéditos de crescimento e qualidade da madeira.

Informações e pesquisas sobre espécies nativas de reflorestamento, como as contidas ao longo do texto desta obra são raras ou no mínimo pouco frequentes. Por isso, ao terminar esta apresentação, eu, como um dos mais antigos Engenheiros Florestais do Brasil, parabênizo aos editores e todos os autores e coautores pela excelente contribuição disponibilizada à ciência florestal.

**Prof. Sebastião do Amaral Machado**  
Engenheiro Florestal – UFPR – 1965  
Maio 2018

Editores

SAMIR G. ROLIM & DANIEL PIOTTO

Design e diagramação

FLÁVIA GUIMARÃES



Revisão de textos

CECÍLIA VIANA

Filiação dos Autores na página 160.

Fotos

FLÁVIO GONTIJO

Todas as fotos de abertura de cada espécie no capítulo 5, foto do plantio na capa e dos troncos na 4ª capa.

NÚCLEO DE PESQUISA EM QUALIDADE DA MADEIRA DA UFRRJ

Todas as fotos referentes à tecnologia da madeira.

Impressão

RONA EDITORA

Tiragem

600 EXEMPLARES

Direitos

Livro de divulgação científica para distribuição gratuita.  
Cópias digitais estão disponíveis on-line.

FICHA CATALOGRÁFICA

R748s	Rolim, Samir Gonçalves Silvicultura e Tecnologia de Espécies da Mata Atlântica / Samir Gonçalves Rolim e Daniel Piotta. – Belo Horizonte, Editora Rona, 2018. 160 p.
	ISBN: 978-85-62805-90-5
	1.Silvicultura. 2.Tecnologia da madeira. 3. Madeira-conservação. 4.Mata Atlântica-conservação. I.Piotta, Daniel. II.Título.
	CDU 630

# sumário

1. SISTEMAS SILVICULTURAIS COM ESPÉCIES NATIVAS NA MATA ATLÂNTICA: PANORAMA, OPORTUNIDADES E DESAFIOS Daniel Piotto, Samir G. Rolim, Florencia Montagnini, Miguel Calmon .....	9
2. MODELOS BIOMÉTRICOS PARA PLANTIOS SILVICULTURAIS COM MÚLTIPLAS ESPÉCIES NA MATA ATLÂNTICA DO NORTE DO ESPÍRITO SANTO Samir G. Rolim, Enrique Orellana, Daniel Piotto, Edgar de Souza Vismara .....	21
3. MODELOS DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO PARA 35 ESPÉCIES DA MATA ATLÂNTICA EM PLANTIOS EXPERIMENTAIS NO NORTE DO ESPÍRITO SANTO Samir G. Rolim, Daniel Piotto, Enrique Orellana .....	31
4. AVALIAÇÕES DE QUALIDADE DA MADEIRA EM ESPÉCIES NATIVAS DE PLANTIOS FLORESTAIS Alexandre Monteiro de Carvalho, João Vicente de Figueiredo Latorraca, Claudia de Azevedo Reis, Carlos Eduardo Silveira da Silva, Paulo Cesar Leal e Carvalho, Norma da Silva Rocha Maciel, José Henrique Camargo Pace, Jonny Paz Castro, Glaycianne Christine Vieira dos Santos, Jonacir de Souza, Geovane Souza Siqueira, Márcio Elias Santos Ferreira, Ernesto Seiji Sakai .....	45
5. CRESCIMENTO E CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM EXPERIMENTOS SILVICULTURAIS NO NORTE DO ESPÍRITO SANTO Samir G. Rolim, Daniel Piotto, Alexandre Monteiro de Carvalho, João Vicente Latorraca, Claudia Azevedo Reis, Jonacir de Souza, Geovane Souza Siqueira, Enrique Orellana, Carlos Eduardo Silveira da Silva, Paulo Cesar Leal de Carvalho, Norma da Silva Rocha Maciel, José Henrique Camargo Pace, Jonny Paz Castro, Glaycianne Christine Vieira dos Santos, Márcio Elias Santos Ferreira, Ernesto Seiji Sakai, Renato Moraes de Jesus .....	53



# 1. SISTEMAS SILVICULTURAIS COM ESPÉCIES NATIVAS NA MATA ATLÂNTICA: PANORAMA, OPORTUNIDADES E DESAFIOS

DANIEL PIOTTO, SAMIR G. ROLIM, FLORENCIA MONTAGNINI E MIGUEL CALMON

## 1. Introdução

Estratégias com o objetivo de facilitar a recuperação da cobertura florestal em paisagens tropicais degradadas têm sido fundamentadas na condução e manejo de florestas secundárias e no estabelecimento de plantações florestais com espécies nativas e exóticas (Ashton et al., 2001; Kanowski et al., 2005). Apesar da alta resiliência e da grande contribuição das florestas secundárias na recuperação de paisagens tropicais (Chazdon et al., 2016), uma grande proporção dessas áreas ultrapassou limiares que dificultam a recuperação da cobertura florestal (Melito et al., 2017). A Mata Atlântica, dado seu histórico de degradação, é um claro exemplo de uma paisagem degradada. Apesar de deter uma alta riqueza de espécies arbóreas e altas taxas de endemismo se comparada a outras florestas tropicais (Gentry, 1992; Thomas et al., 1998; Myers et al., 2000), depois de séculos de distúrbios antropogênicos, somente 12,5% da cobertura florestal original permanece na forma de pequenos fragmentos dispersos na paisagem (Ribeiro et al., 2009). Estimativas indicam que pelo menos um terço das espécies arbóreas da Mata Atlântica podem estar em vias de extinção devido à alta fragmentação e extinção local de pássaros e mamíferos (Silva & Tabarelli, 2000; Canale et al., 2012).

Plantações florestais com espécies nativas têm um papel importante na promoção de paisagens sustentáveis nos trópicos. Com altas taxas de crescimento, plantações florestais podem suprir boa parte do mercado de madeira global e regional, diminuindo a pressão sobre áreas de florestas naturais (Sedjo, 2001; Paquette & Messier, 2010). No entanto, o uso de espécies nativas de alto valor comercial em silvicultura ainda é muito limitado e as florestas tropicais

remanescentes ainda seguem sendo deliberadamente exploradas para extração seletiva de espécies nativas de alto valor comercial.

Considerando a importância da silvicultura com espécies nativas como estratégia para a produção de madeira, além de vários serviços ambientais como sequestro de carbono atmosférico, conservação do solo e água, manutenção da biodiversidade e recuperação de áreas degradadas (Lamb, 2014), este capítulo apresenta um panorama de cinco sistemas silviculturais na Mata Atlântica e indica os principais desafios para o desenvolvimento da silvicultura com espécies nativas no Bioma.

## 2. Experiências Silviculturais com Espécies Arbóreas Nativas da Mata Atlântica

Tradicionalmente, espécies florestais nativas sempre foram extraídas de florestas naturais. No entanto, em muitas regiões tropicais do planeta a oferta de madeiras de espécies nativas tem caído significativamente, enquanto a demanda segue aumentando (Sohnngen & Tian, 2016). O uso de espécies nativas em programas de silvicultura é reduzido e plantações de espécies exóticas predominam tanto para uso industrial como em projetos de desenvolvimento rural (Evans & Turnbull, 2004; Lamb, 2014). Na Mata Atlântica, a extração de madeiras nativas de florestas naturais foi banida por decreto no início da década de 90. Desde então, quase toda madeira nativa legal consumida na região é proveniente da região amazônica. Como resposta à assinatura de acordos internacionais sobre mudanças climáticas, com compromissos e metas ambiciosas de restauração e reflorestamento de

milhões de hectares de paisagens degradadas, vários projetos de silvicultura vêm sendo estabelecidos, mas o uso de espécies nativas ainda tem sido restrito à restauração ecológica, sendo praticamente insignificante a área ocupada com silvicultura de espécies nativas. Até 2016, a área de silvicultura com espécies nativas para produção madeireira representou pouco mais de 100.000 hectares no Brasil, enquanto mais de 98% da área total plantada no país é composta por espécies exóticas, como o eucalipto e o pinheiro (IBA, 2017).

O debate sobre uma utilização de espécies nativas em silvicultura no Brasil começou no início do século XX (Andrade, 1941) e estudos com delineamentos sobre o comportamento de espécies nativas na Mata Atlântica existem desde a década de 1930. Destacam-se os estudos realizados em São Paulo e Paraná (Koscinski, 1934; Gurgel Filho, 1953; 1957) com essências da floresta ombrófila mista como a *Araucaria angustifolia* e *Mimosa scrabella* e essências de ocorrência no cerrado e Mata Atlântica como *Stryphnodendron adstringens*, *Dimorphandra mollis* e *Pterodon pubescens*.

Vários experimentos com espécies nativas foram implantados desde os anos 60 e em 1982, durante o Congresso Nacional de Essências Nativas, foi apresentado uma síntese destes experimentos. Monteiro et al. (1982), por exemplo, apresentam o comportamento de *Araucaria angustifolia*, então com 14 anos de idade, recomendando as melhores procedências desta espécie. Diversos experimentos já estavam implantados para testar procedências e progênies de espécies nativas, tais como *Zeyherea tuberculosa* (Viana, 1982), *Dipteryx alata* (Siqueira et al., 1982), *Araucaria angustifolia* (Gianotti et al., 1982), *Myracrodruon urundeuva*, *Pterogyne nitens*, *Peltophorum dubium* e *Machaerium villosum* (Nogueira et al., 1982a). Também diversos experimentos foram instalados para testar efeitos de diferentes espaçamentos em plantios de *Peltophorum dubium* (Coelho et al., 1982), *Centrolobium tomentosum* (Nogueira et al., 1982b), *Ocotea porosa* (Souza et al., 1982), *Cariniana legalis* (Zanatto et al., 1982) e *Myroxylon peruiferum* (Nogueira et al., 1982c). Neste Congresso, ainda foram descritos alguns experimentos com plantios consorciados (Nogueira et al., 1982d) e para diversas espécies foi discutido o comportamento silvicultural em plantios puros com idades acima de 20 anos, instalados nos anos 50 ou

60, como: *Centrolobium tomentosum* (Gurgel Filho et al., 1982a), *Esenbeckia leiocarpa* (Gurgel Filho et al., 1982b), *Peltophorum dubium* (Gurgel Filho et al., 1982c), *Hymenaea stilbocarpa* (Gurgel Filho et al., 1982d), *Libidibia ferrea* (Gurgel Filho et al., 1982e), *Balfourodendron riedelianum* (Gurgel Filho et al., 1982f), *Platygyamus regnellii* (Gurgel Filho et al., 1982g), *Aspidosperma polyneuron* (Gurgel Filho et al., 1982h), *Joannesia princeps*, *Cedrela fissilis*, *Copaifera langsdorfii*, *Ocotea porosa*, *Machaerium villosum* e *Aspidosperma olivaceum* (Gurgel Filho et al., 1982i).

Esse resumo até o início dos anos 80 mostra que a experimentação com espécies nativas é antiga e várias espécies que nunca foram utilizadas para silvicultura apresentaram um bom crescimento e adaptação às terras degradadas. Destacam-se ainda os plantios instalados no sul da Bahia pela Ceplac, com dezenas de essências nativas com potencial madeireiro (Vinha & Lobão, 1989) e no norte do Espírito Santo pela Companhia Vale do Rio Doce (Mascarenhas Sobrinho, 1974). Nos experimentos da Ceplac em Porto Seguro, além dos estudos sobre o crescimento de espécies florestais nativas, também foram realizados estudos para estimar o impacto do cultivo de espécies florestais nativas na recuperação de solos degradados (Montagnini et al., 1994, 1995). Nessa mesma época foram ainda instalados pela FAO/IBDF experimentos com algumas espécies na região Bragantina no Pará (Albrechtsen, 1975), algumas espécies no Planalto do Tapajós (Yared et al., 1980) e quase uma centena de experimentos pela Embrapa, principalmente no Paraná (Carpanezi, 1982), com a maioria dos resultados sintetizados por P. E. Carvalho em sua obra de 5 volumes com centenas de espécies. Outros experimentos foram implantados no Paraná (Silva & Torres, 1992), no Espírito Santo (Jesus et al., 1992) e muitos artigos foram publicados a partir destes experimentos, com várias abordagens sobre a silvicultura de espécies nativas, principalmente em melhoramento genético (Sebbenn et al., 2002; Freitas et al., 2006; Costa et al., 2009). Entretanto, a adoção de espécies florestais nativas em projetos silviculturais na Mata Atlântica ainda é baixa, principalmente pela falta de investimentos públicos e privados voltados ao desenvolvimento de tecnologia silvicultural para as espécies nativas da região, bem como linhas de crédito que incentivem produtores rurais a utilizarem essências nativas em projetos silviculturais.

### 3. Sistemas Monoculturais e Mistos

A grande maioria das plantações florestais tropicais são monocultivos representados por um pequeno número de espécies (FAO, 2015). Os monocultivos dominam a silvicultura porque apresentam algumas vantagens sobre os cultivos consorciados ou mistos, tais como concentração de recursos sobre o crescimento de uma determinada espécie, simplicidade nas práticas de produção de mudas, facilidade no estabelecimento e manejo da plantação e produção de colheitas uniformes (Evans & Turnbull, 2004). Por outro lado, monocultivos têm sido criticados por impactos negativos na qualidade ambiental, pela limitada provisão de serviços ambientais e por não produzirem uma diversidade de produtos que tradicionalmente eram extraídos de florestas nativas pelas populações locais. No Brasil, as duas espécies nativas mais plantadas para uso como madeira, paricá (cerca de 90 mil ha) e araucária (cerca de 11 mil ha), são cultivadas em monocultivos e somam apenas 1,27% da área total de floresta plantada no país (IBA, 2017).

Muitos estudos têm demonstrado que a utilização de plantações mistas, com pelo menos duas espécies consorciadas, é a estratégia mais apropriada para a provisão de uma gama de produtos e serviços ambientais, tais como proteção, conservação da biodiversidade, restauração de áreas degradadas e aumento da resiliência frente a variações climáticas (Parrotta & Knowles, 1999; Keenan et al., 1999; Montagnini & Piotta, 2011; Cusack & Montagnini, 2004; Lamb, 2014). Os plantios mistos em escala comercial ainda estão em sua fase inicial no Brasil e um dos principais exemplos, a empresa Symbiosis, conta com cerca de 1000 ha plantados com múltiplas espécies no sul da Bahia, com previsão de aumentar a área plantada em uma ordem de magnitude nos próximos anos.

Uma importante vantagem das plantações mistas sobre os monocultivos é a maior produtividade. Muitos estudos recentes demonstram a relação positiva entre número de espécies e produtividade em florestas nativas e plantadas, tanto para uma escala global (Liang et al., 2016) como local (Piotta, 2008; Forrester & Pretzsch, 2015). Para plantações florestais mistas é amplamente aceito que a produtividade irá depender de uma definição apropriada das espécies que são consorciadas, considerando as características funcionais de cada espécie, interações ecológicas e

aspectos silviculturais.

Experimentos com extensiva coleta de dados para comparação da produtividade entre monocultivos e plantações florestais mistas são raros nos trópicos, pois dependem de um alto investimento inicial e longo prazo para obtenção de resultados. Mais raros ainda são experimentos que permitem a estimativa de índices de competição para definição das melhores misturas de espécies em função do espaçamento das árvores (Kelty, 2006; Vanclay, 2006).

As plantações mistas podem afetar positivamente ou negativamente o crescimento da árvore. Em um consórcio de duas espécies, quando comparado com o comportamento das mesmas espécies em monocultivo, efeitos negativos são esperados quando a competição inter-específica é maior que a competição intra-específica. Efeitos positivos podem ser esperados quando a competição intra-específica é maior que a competição inter-específica ou quando uma espécie afeta positivamente o crescimento de outra espécie (facilitação). Em consórcios com mais de duas espécies, vários dos processos citados podem ocorrer simultaneamente e a produtividade no nível de povoamento dependerá do número de espécies e da interação entre elas. De fato, o entendimento das interações ecológicas entre as espécies utilizadas em plantações mistas é um tópico central na definição dos melhores modelos de consórcio. No entanto ainda é escassa a literatura sobre evidências de interações ecológicas em plantações florestais. O caso mais bem documentado é o efeito positivo de espécies arbóreas fixadoras de nitrogênio na produtividade de plantações florestais mistas (Debell et al., 1989; Parrotta, 1999; Binkley et al., 2003; Piotta, 2008; Lamb, 2014). Além de favorecer o crescimento de outras espécies arbóreas, espécies fixadoras de nitrogênio são adaptadas a crescer em áreas degradadas e solos pouco férteis, que representam boa parte das áreas hoje disponíveis para reflorestamento na Mata Atlântica.

Uma nova silvicultura na Mata Atlântica deveria explorar os benefícios das interações ecológicas entre as espécies e as plantações mistas podem cumprir um importante papel para o ambiente e a sociedade, aumentando a produtividade das florestas, provendo benefícios ecológicos adicionais e aumentando a resiliência dos sistemas de produção frente às adversidades climáticas.



Figura 1. Plantio homogêneo de *Basiloxyton brasiliensis* em Linhares (ES), aos 38 anos. Notar a excelente forma natural do fuste desta espécie. Foto: Flávio Gontijo.



Figura 2. Plantio de enriquecimento em floresta secundária em Linhares (ES), aos 40 anos, com a espécie *Dalbergia nigra*. Apesar das menores taxas de crescimento quando comparado aos plantios a pleno sol, as árvores apresentaram fustes mais retilíneos. Foto: Flávio Gontijo.

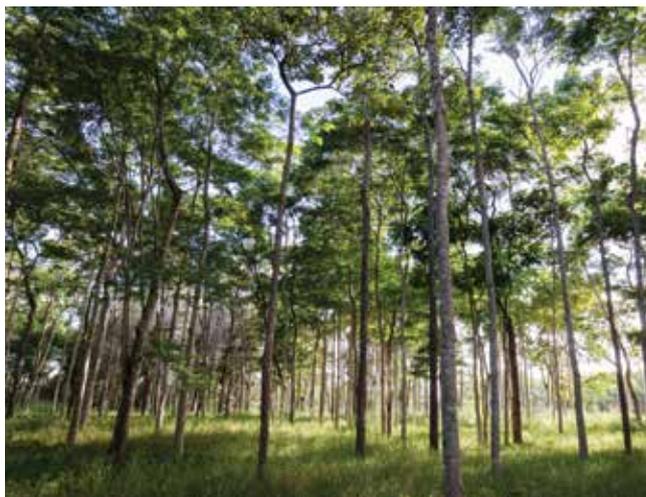


Figura 3. Plantio misto (consorciado) com 3 espécies em Linhares (ES), aos 27 anos: *Paratecoma peroba*, *Zeyheria tuberculosa* e *Dalbergia nigra*. Foto: Flávio Gontijo.



Figura 4. Sistema Agroflorestal em Ilhéus (BA), aos 14 anos, com banana, cacau, seringueira e *Cordia trichotoma*. Foto: Daniel Piotto.

## 4. Sistemas de Enriquecimento

Tradicionalmente, os projetos de silvicultura focaram esforços no plantio de árvores em terras com baixa produtividade e em áreas inaptas para o cultivo agrícola. Recentemente, os sistemas de plantio em áreas já florestadas vêm sendo adotados em alguns casos para provisão de produtos e serviços ambientais. Várias técnicas de enriquecimento visando aumentar o estoque de madeira em florestas secundárias e em áreas de florestas sobre-exploradas têm sido testadas nos trópicos (Ramos & del Amo, 1992; Montagnini et al., 1997; Guariguata, 2000; Rappaport & Montagnini, 2014). Devido ao fato de muitas espécies comerciais importantes, bem como espécies ameaçadas de extinção, serem raramente encontradas nas florestas secundárias em paisagens muito degradadas, florestas secundárias nessas zonas apresentam um baixo valor, tanto do ponto de vista econômico quanto para a biodiversidade. Para aumentar o valor das áreas já florestadas e garantir que não sejam convertidas para usos não florestais, é importante que sejam pesquisadas alternativas de manejo que facilitem o crescimento de espécies comerciais ou ameaçadas de extinção nestas áreas.

O uso de plantios de enriquecimento é bastante complexo pois demanda informações ecológicas e silviculturais das espécies que serão utilizadas e manejadas. O conhecimento sobre a tolerância à sombra de cada espécie a ser plantada é fundamental para prescrição de desbaste e dos níveis de luz, através da abertura do dossel, que devem ser mantidos para garantir o pleno crescimento das árvores, uma vez que o ritmo de crescimento tende a diminuir após os primeiros anos de plantio (Keefe et al., 2009). Os plantios de enriquecimento são recomendados para espécies que não apresentam bom comportamento em áreas abertas, tais como espécies tardias da sucessão, espécies tolerantes à sombra com alto valor madeireiro e espécies tolerantes à sombra com problemas de formação do fuste em áreas abertas.

Apesar de tradicionalmente o enriquecimento florestal ser realizado em áreas de florestas naturais, existem algumas experiências de enriquecimento em áreas de plantações florestais com espécies exóticas (Ashton et al., 1997; Millet et al., 2013). Similarmente a florestas naturais, plantações florestais podem promover melhorias nas condições físico-química do solo e

alterações microclimáticas que podem favorecer o estabelecimento e crescimento de espécies arbóreas não-pioneiras (Keenan et al., 1997; Cusack & Montagnini, 2004; Kaewkrom et al., 2005). Resultados reportados por Ashton et al. (1997) e por outros estudos de enriquecimento florestal em áreas de floresta nativa mostram que muitas espécies arbóreas tropicais se comportam melhor em áreas não abertas (Montagnini et al., 1997; Piotto, 2007), indicando a importância do uso de sistemas de enriquecimento para o cultivo dessas espécies.

No Brasil ainda são incipientes os estudos que examinam o uso de plantações florestais adultas como habitat para o estabelecimento de espécies arbóreas não-pioneiras. Um estudo recente no sul da Bahia, que examinou o potencial de restauração de 21 espécies nativas utilizadas para o enriquecimento de plantações de seringueira, mostrou a necessidade da disponibilidade de luz e de práticas de manejo para garantir um bom desempenho das espécies (Rappaport & Montagnini, 2014). Porém, considerando a grande extensão de áreas cultivadas com eucalipto e pinus na Mata Atlântica, seria muito importante a experimentação de técnicas de enriquecimento dessas áreas com espécies nativas. Além disso, existe a possibilidade do estabelecimento de sistemas policíclicos de produção, possibilitando colheitas sucessivas de madeira e a manutenção da cobertura florestal na paisagem.

## 5. Sistemas Agroflorestais

Existem muitas espécies de árvores nativas e exóticas utilizadas pela indústria florestal nos trópicos e praticamente a totalidade da produção madeireira atual é proveniente de florestas naturais ou silvicultura desenhados exclusivamente para produção de madeira sólida (Wadsworth, 1997; Evans & Turnbull, 2004; FAO, 2015). Apesar de haverem grandes superfícies ocupadas por sistemas agroflorestais nos trópicos, pouco ainda é aproveitado do potencial de produção de madeira sólida de alta qualidade nestas áreas, bem como do potencial de sequestro de carbono (Montagnini & Nair, 2004).

Tradicionalmente, o componente arbóreo de sistemas agroflorestais sempre foi manejado para favorecer os outros cultivos associados, provendo sombra, conforto térmico e microclima, ciclagem de nutrientes, entre outros serviços que visam garantir

a produtividade dos cultivos agrícolas (Ashton & Montagnini, 2000). Porém, com a crescente demanda de produtos florestais madeireiros e a crítica situação das reservas madeireiras em florestas naturais, criou-se a necessidade urgente de iniciar programas massivos de reflorestamento para atender a demanda atual e futura de madeira sólida (FAO, 2015). Além dos plantios florestais, existe um grande potencial para produção madeireira em consórcio com outros cultivos na forma de sistemas agroflorestais (Somarriba et al., 2014). Com o aumento da adoção de sistemas agroflorestais nos trópicos, também aumentaram a quantidade de estudos para quantificação do potencial de crescimento, produtividade e sequestro de carbono de sistemas agroflorestais que incluem essências florestais madeireiras (Montagnini, 2017).

No Brasil, existem várias publicações para promover a implementação de SAFs em regiões específicas, como o “Manual Agroflorestal para Amazônia” (REBRAf; Dubois et al., 1996), “Restauração ecológica com sistemas agroflorestais” (Miccolis et al., 2016) e o “Manual Agroflorestal para a Mata Atlântica” (May & Moreira Trovatto, 2008). Este último manual, dedicado especificamente à Mata Atlântica, contém informações gerais sobre SAFs e detalhes dos sistemas mais praticados na Mata Atlântica, incluindo quintais agroflorestais familiares, cacau e café sombreados, sistemas silvibananeiros, SAFs de erva-mate, sistemas de faxinal, citricultura agroflorestal, sistemas taungya e sistemas silvipastoris. Também são abordados detalhes da implantação e manejo dos SAFs, viabilidade financeira, extensão agroflorestal e políticas públicas para SAFs na Mata Atlântica, com numerosos exemplos de experiências agroflorestais na região (May & Moreira Trovatto, 2008).

Na Amazônia existem exemplos de sistemas agroflorestais que estão plenamente consolidados, gerando renda e outros benefícios aos agricultores há décadas, como a CAMTA (Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu-PA) e a RECA (Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado em Nova Califórnia-RO) (Barros et al., 2009; Oliveira et al., 2016).

No geral, os sistemas agroflorestais já estão relativamente bem disseminados no país e adiantados em termos de aplicabilidade e acessibilidade ao agricultor. Atualmente, os sistemas agroflorestais têm

o potencial de se tornar uma das principais estratégias para o alcance das metas de recuperação de áreas degradadas no país. Entretanto, ainda são necessárias tecnologias, relativas tanto à silvicultura das espécies como aos métodos de colheita e aproveitamento florestal, para proporcionar uma melhor utilização do componente arbóreo dos sistemas agroflorestais.

## 6. Sistemas de Restauração

A partir dos anos 80, os sistemas de plantio para restauração florestal em áreas degradadas vêm sendo adotados para proteção e provisão de serviços ambientais. No Brasil existe uma grande demanda por projetos de restauração nos domínios da Mata Atlântica, consequência de uma cobrança da sociedade civil e do governo para o cumprimento da legislação ambiental. Os projetos de restauração procuram estabelecer alta diversidade de espécies arbóreas (Rodrigues et al., 2009), usualmente em áreas abertas e isoladas, onde é improvável que os processos naturais da sucessão florestal secundária ocorram.

Muitos dos desenhos de restauração foram desenvolvidos nos últimos 35 anos, como por exemplo, a distribuição aleatória de mudas de árvores nativas (Biella, 1981), distribuição das espécies nativas baseado na composição de florestas adjacentes (Joly et al., 2000) e o desenho mais adotado, proposto por Kageyama (1986) e Kageyama & Castro (1989), o qual recomenda uma combinação de espécies pioneiras e não-pioneiras. Esse último desenho assume que a sombra resultante do rápido crescimento das espécies pioneiras irá prover adequadas condições para as espécies não-pioneiras crescerem.

Entretanto, os métodos de restauração promovidos na Mata Atlântica tiveram uma baixa adoção pelos produtores rurais devido aos altos custos de estabelecimento e manutenção e pela falta de geração de benefícios diretos aos produtores e outros beneficiários. Uma das alternativas encontradas para viabilizar a restauração é permitir a atividade econômica pela exploração de produtos madeireiros e não madeireiros em áreas restauradas (Brancaion et al., 2012; Latawiec et al., 2015). Nesses sistemas são utilizadas espécies exóticas como o eucalipto, plantado geralmente em faixas alternadas com faixas de espécies florestais nativas, e a exploração do eucalipto em até 6 anos gera recurso suficiente

para subsidiar parte do custo total da restauração. As empresas florestais podem ter grande interesse nesse tipo de sistema, que pode funcionar como uma espécie de arrendamento da terra ou fomento florestal, sem que o agricultor precise mobilizar nenhum recurso próprio. Exemplos desses sistemas estão sendo implantados na Bahia e Espírito Santo em parceria entre empresas florestais, instituições de pesquisa e o Pacto pela Restauração da Mata Atlântica. Como o modelo cobre apenas parte dos custos de implantação da restauração, também devem ser estudados sistemas que permitam um manejo contínuo do recurso madeireiro e não madeireiro em áreas em processo de restauração, o que garantiria não só a implantação de novas áreas de restauração, mas também a manutenção dessas áreas como florestas.

Considerando a imensa área disponível para restauração florestal, sistemas silviculturais com espécies nativas, que conciliam a restauração da biodiversidade com a produção de madeira e outros produtos em sistemas policíclicos com colheitas sucessivas, têm o potencial de reabilitar áreas improdutivas, promover a restauração da paisagem e trazer retorno econômico direto para os produtores rurais, inclusive aqueles menos capitalizados (Lamb et al., 2005; Lamb, 2014), além de proporcionar uma maior adoção da silvicultura de espécies nativas.

## 7. Conclusões

Mais de um século de silvicultura na Mata Atlântica e ainda há muito a se desenvolver em termos de espécies, sistemas de produção e práticas de manejo silvicultural. A silvicultura na Mata Atlântica continua restrita a um pequeno número de espécies exóticas cultivadas em plantios homogêneos. A baixa diversidade de espécies cultivadas tem resultado em uma baixa diversidade de produtos oriundos de plantações florestais. Isso tem favorecido a contínua entrada no mercado de grande quantidade de madeira oriunda de florestas naturais para suprir as demandas de madeira sólida nos principais centros urbanos do Brasil. Ademais, o modelo silvicultural vigente na Mata Atlântica sofre constantes críticas da sociedade civil por não prover uma gama de produtos e serviços ambientais que o torne mais atrativo para que pequenos e médios produtores se engajem na atividade econômica da silvicultura de espécies nativas.

O grande desafio da silvicultura é garantir a provisão de produtos florestais e serviços ambientais em tempos de mudanças climáticas globais e de erradicação da fome no mundo. Para tanto, o futuro da silvicultura deve estar fundamentado no aumento do número de espécies florestais cultivadas e na diversificação dos sistemas de produção, incluindo sistemas agroflorestais e silvipastoris. A diversificação dos sistemas de produção e o manejo integrado das paisagens são ações que aumentam a resiliência às mudanças climáticas, além de melhorar a qualidade de vida das populações locais. No entanto, uma guinada da silvicultura de espécies nativas na Mata Atlântica depende do apoio das instituições de pesquisa públicas e privadas para a construção de bases de informação sobre o desempenho das principais essências florestais e dos sistemas de produção silvicultural para diminuição do risco e aumento do retorno dessas atividades.

## 8. Referências

- Andrade, E.N. 1941. An alien in Brazil. *American Forests*, 47(7): 323-326, 336, 351-352.
- Ashton, M.; Montagnini, F. (Editors.). 2000. *The Silvicultural Basis for Agroforestry Systems*. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. 278 pp.
- Ashton, M.S.; Gunatilleke, C.V.S.; Singhakumara, B.M.P.; Gunatilleke, I.A.U.N. 2001. Restoration pathways for rain forest in southwest Sri Lanka: a review of concepts and methods. *Forest Ecology and Management*, 154:409-430.
- Ashton, P.M.S.; Gamage, S.; Gunatilleke, I.A.U.N.; Gunatilleke, C.S. 1997. Restoration of Sri Lankan rain forest: using Caribbean pine as a nurse for establishment late successional tree species. *Journal of Applied Ecology*, 34:915-925.
- Barros, A.V.L.; Homna, A.K.O.; Takamatsu, J.A.; Takamatsu, T.; Konagano, M. 2009. Evolução e percepção dos sistemas agroflorestais desenvolvidos pelos agricultores nipo-brasileiros do município de Tomé-Açu, estado do Pará. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, 5(9):7-37.
- Biella, L.C. 1981. Reflorestamento misto com essências nativas na UHE de Paraibuna. São Paulo. CESP. 14 p.
- Brancalion, P.H.S.; Viani, R.A.G.; Strassburg, B.B.N.; Rodrigues, R.R. 2012. Finding the money for tropical forest restoration. *Unasylva*, 63:41-50.
- Binkley, D.; Senock, R.; Bird, S.; Cole, T.G. 2003. Twenty years of stand development in pure and mixed stands of *Eucalyptus saligna* and N-fixing *Falcataria moluccana*.

- Forest Ecology and Management, 182:93-102.
- Canale, G.R.; Peres, C.A.; Guidorizzi, C.E.; Gatto, C.A.F.; Kierulff, M.C.M. 2012. Pervasive Defaunation of Forest Remnants in a Tropical Biodiversity Hotspot. PLoS ONE 7(8): e41671.
- Carpanezzi, A.A. 1982. Pesquisas da URPFCS-EMBRAPA sobre espécies brasileiras. Silvicultura em São Paulo, 16 A (2): 928-933.
- Chazdon, R.L.; Broadbent, E.N.; Rozendaal, D.M.; et al. 2016. Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics. Science Advances, 2(5):e1501639.
- Coelho, L.C.C.; Nogueira, J.C.B.; Siqueira, A.C.M.F.; Buzatto, O.; Salles, L.M.A.B. 1982 Ensaio de espaçamento de ibirá-puitã *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub., frente às condições de Mogi Guaçu-SP. Silvicultura em São Paulo, 16 A (2):1036-1038.
- Costa, R.B.; Resende, M.D.V.; Roa, R.A.R.; Bungenstab, D.J.; Martins, W.J.; Roel, A.R. 2009. Melhoramento genético de erva-mate nativa do estado de Mato Grosso do Sul. Bragantia, Campinas, 68(3):611-619.
- Cusack, D.; Montagnini, F. 2004. The role of native species plantations in recovery of understory woody diversity in degraded pasturelands of Costa Rica. Forest Ecology and Management, 188:1-15.
- DeBell, D.S.; Whitesell, C.D.; Schubert, T.H. 1989. Using N-fixing *Albizia* to increase growth of *Eucalyptus* plantations in Hawaii. Forest Science, 35:64-75.
- Dubois, J.C.L.; Viana, V.M.; Anderson, A.B. 1996. Manual Agroflorestal para a Amazônia, vol. 1. Rio de Janeiro, Brasil, Rede Brasileira Agroflorestal (REBRA). 228 p.
- Evans, J.; Turnbull, J.W. 2004. Plantation forestry in the tropics. Third edition. Oxford University Press, Oxford.
- FAO. 2015. Global forest resources assessment 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Forrester, D.I.; Pretzsch, H. 2015. Tamm Review: On the strength of evidence when comparing ecosystem functions of mixtures with monocultures. Forest Ecology and Management, 356:41-53.
- Freitas, M.L.M.; Aukar, A.P.A.; Sebbenn, A.M.; Moraes, M.L.T.; Lemos, E.G.M. 2006. Variação genética em progênies de *Myracrodruon urundeuva* FF & MF Allemão em três sistemas de cultivo. Revista Árvore, 30(3):319-329.
- Gentry, A.H. 1992. Tropical forest biodiversity: distributional patterns and their conservational significance. Oikos 63:19-28.
- Gianotti, E.; Timoni, J.L.; Mariano, G.; Coelho, L.C.C.; Fontes, M.A.; Kageyama, P. 1982 Variação genética entre procedências e progênies de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Silvicultura em São Paulo, 16 A (2):970-975.
- Guariguata, M.R. 2000. Seed and seedling ecology of tree species in Neotropical secondary forests: management implications. Ecological Applications, 10(1):145-154.
- Gurgel Filho, O.A. 1953. Estudo do crescimento de algumas essências do Cerrado. Tese de Doutorado, Piracicaba, ESALQ/USP.
- Gurgel Filho, O.A.; Moraes, J.L.; Gurgel Garrido, L.M.A. 1982a. Silvicultura de essências indígenas sob povoamentos homóclitos coetâneos experimentais I - Araribá amarelo (*Centrolobium tomentosum* Benth.). Silvicultura em São Paulo, 16 A (2):841-846.
- Gurgel Filho, O.A.; Moraes, J.L.; Gurgel Garrido, L.M.A. 1982b. Silvicultura de essências indígenas sob povoamentos homóclitos coetâneos experimentais. II - Guarantã (*Esenbeckia leiocarpa* Engl.) Silvicultura em São Paulo, 16 A (2):847-851.
- Gurgel Filho, O.A.; Moraes, J.L.; Gurgel Garrido, L.M.A. 1982c. Silvicultura de essências indígenas sob povoamentos homóclitos coetâneos experimentais. III - Ibirá (*Peltophorum vogelianum* Benth.) Silvicultura em São Paulo, 16 A (2):852-856.
- Gurgel Filho, O.A.; Moraes, J.L.; Gurgel Garrido, L.M.A. 1982d. Silvicultura de essências indígenas sob povoamentos homóclitos coetâneos experimentais. IV - Jatobá (*Hymenaea stilbocarpa* Hayne). Silvicultura em São Paulo, 16 A (2): 857-861.
- Gurgel Filho, O.A.; Moraes, J.L.; Gurgel Garrido, L.M.A. 1982e. Silvicultura de essências indígenas sob povoamentos homóclitos coetâneos experimentais. V - Pau ferro (*Caesalpinia leiostachya* (Benth.) Ducke). Silvicultura em São Paulo, 16 A (2): 862-866.
- Gurgel Filho, O.A.; Moraes, J.L.; Gurgel Garrido, L.M.A. 1982f. Silvicultura de essências indígenas sob povoamentos homóclitos coetâneos experimentais. VI - Pau marfim (*Balfourodendron riedelianum* Eng.). Silvicultura em São Paulo, 16 A (2):867-871.
- Gurgel Filho, O.A.; Moraes, J.L.; Gurgel Garrido, L.M.A. 1982g. Silvicultura de essências indígenas sob povoamentos homóclitos coetâneos experimentais VII - Pau Pereira (*Platycamus regnelii* Benth.). Silvicultura em São Paulo, 16 A (2): 872-877.
- Gurgel Filho, O.A.; Moraes, J.L.; Gurgel Garrido, L.M.A. 1982h. Silvicultura de essências indígenas sob povoamentos homóclitos coetâneos experimentais. VIII - Peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron* M. Arg.). Silvicultura em São Paulo, 16 A (2): 878-883.
- Gurgel Filho, O.A.; Moraes, J.L.; Gurgel Garrido, L.M.A.

- 1982i. Espécies nativas euxilóforas. *Silvicultura em São Paulo*, 16 A (2): 890-894.
- Gurgel Filho, O.A. 1957. Povoamento florestal e sua exploração. Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, Diretoria de Publicidade Agrícola. 10 p.
- IBA 2017. Indústria Brasileira de Árvores. Relatório 2017. Brasília-DF. 78 p.
- Jesus, R.M.; Garcia, A.; Tsustumi, I. 1992. Comportamento de doze espécies florestais na Mata Atlântica em povoamentos puros. *Revista do Instituto Florestal*, 4(2):491-496.
- Joly, C.A.; Spigolon, J.R.; Lieberg, S.A.; Aidar, M.P.M.; Zickel, C.S.; Metzger, J.P.W.; Lobo, P.C.; Shimabukuro, M.T.; Marques, M.C.M.; Salino, A. 2000. Projeto Jacaré-Pepira - os resultados do desenvolvimento de um modelo de recomposição da vegetação do ecótono ciliar com base na florística regional. In: Rodrigues, R.R. and Leitão-Filho, H.F.. (Org.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo, p. 271-287, Editora da Universidade Estadual de Campinas.
- Kaewkrom, P.; Gajasen, J.; Jordan, C.F.; Gajasen, N. 2005. Floristic regeneration in five types of teak plantations in Thailand. *Forest Ecology and Management*, 210:351-361.
- Kageyama, P.Y. 1986. Critérios de escolha de espécies para utilização em pequenas áreas de reflorestamento. Brasília. IBDF. 18 p.
- Kageyama, P.Y.; Castro, C.F.A. 1989. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. *IPEF*, 41/42:83-93.
- Kanowski, J.; Catterall, C.P.; Wardell-Johnson, G.W. 2005. Consequences of broadscale timber plantations for biodiversity in cleared rainforest landscapes of tropical and subtropical Australia. *Forest Ecology and Management*, 208:359-372.
- Keefe, K.; Schulze, M.D.; Pinheiro, C.; Zweede, J.C.; Zarin, D. 2009. Enrichment planting as a silvicultural option in the eastern Amazon: Case study of Fazenda Cauaxi. *Forest Ecology and Management*, 258:1950-1959.
- Keenan, R.; Lamb, D.; Woldring, O.; Irvine, T.; Jensen, R. 1997. Restoration of plant biodiversity beneath tropical tree plantations in Northern Australia. *Forest Ecology and Management*, 99:117-131.
- Kelty, M.J. 2006. The role of species mixtures in plantation forestry. *Forest Ecology and Management*, 233: 195-204.
- Koscinski, M.E. 1934. O pinheiro brasileiro na silvicultura paulista. Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, Diretoria de Publicidade Agrícola. 56 p.
- Lamb, D. 2014. Large-scale forest restoration. Earthscan, Routledge/Taylor and Francis, New York. 301pp.
- Lamb, D.; Erskine, P.D.; Parrotta, J.A. 2005. Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science*, 310:1629-1632.
- Latawiec, A.L.; Strassburg, B.B.N.; Brancalion, P.H.S.; Rodrigues, R.R.; Gardner, T. 2015. Creating space for large-scale restoration in tropical agricultural landscapes. *Frontiers and Ecology and Environment*, 13(4):211-218.
- Liang, J.; Crowther, T.W.; Picard, N.; et al. 2016. Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests. *Science*, 354:6309.
- Mascarenhas Sobrinho, J. 1974. Nota preliminar sobre experimentação em florestas tropicais. Trabalho apresentado no I Congresso Brasileiro sobre Florestas Tropicais – Viçosa, MG. *IPEF* 9:83-86.
- May, H.M.; Moreira Trovatto, C.M. (Eds). 2008. *Manual Agroflorestal para a Mata Atlântica*. Brasília, Ministério do Desenvolvimento Agrário, Secretaria de Agricultura Familiar. 196 p.
- Melito, M.; Metzger, J.P.; de Oliveira, A.A. 2018. Landscape-level effects on aboveground biomass of tropical forests: A conceptual framework. *Global Change Biology*, 24(2):597-607.
- Miccolis, A.; Peneireiro, M.; Marques, R.; Vieira, M.; Arco-Verde, F.; Hoffmann, R.; Rehder, T.; Pereira, A.V.B. 2016. *Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais: como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza – ISPN/Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal – ICRAF.*
- Millet, J.; Tran, N.; Vien Ngoc, N.; Tran Thi, T.; Prat, D. 2013. Enrichment planting of native species for biodiversity conservation in a logged tree plantation in Vietnam. *New Forests*, 44:369-383
- Montagnini, F. 2017 (Ed.). *Integrating Landscapes: Agroforestry for Biodiversity Conservation and Food Sovereignty*. *Advances in Agroforestry* 12, Springer, Dordrecht.
- Montagnini, F.; Eibl, B.; Grance, L.; Maiocco, D.; Nozzi, D. 1997. Enrichment planting in overexploited tropical forests of the Paranaense region of Misiones, Argentina. *Forest Ecology and Management*, 99:237-246.
- Montagnini, F.; Fanzeres, A.; Vinha, S.G. 1994. Studies on Restoration Ecology in the Atlantic Forest region of Bahia, Brazil. *Interiencia*, 19(6):323-330.
- Montagnini, F.; Fanzeres, A.; Vinha, S.G. 1995. The potential of twenty indigenous tree species for reforestation and soil restoration in the Atlantic Forest

- region of Bahia. *Journal of Applied Ecology*, 32:841-856.
- Montagnini, F.; Nair, P.K.R. 2004. Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agroforestry systems*, 61:281.
- Montagnini, F.; Piotto, D. 2011. Mixed plantations with native trees on abandoned pasture lands: restoring productivity, ecosystem properties and services in a humid tropical site. Pp. 501-511. In: S. Günter, M. Weber, B. Stimm, R. Mosandl (eds.). *Silviculture in the Tropics*. Springer, Berlin-New York.
- Monteiro, R.F.R.; Speltz, R.M.; Gurgel, J.T.A. 1982. Comportamento silvicultural de 24 raças geográficas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze, no Paraná. *Silvicultura em São Paulo*, 16 A (2):814-824.
- Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Da Fonseca, G.A.; Kents, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Nogueira, J.C.B.; Siqueira, A.C.M.F.; Bertoldi, S.E. 1982b. Ensaio de espaçamento do araribá-amarelo (*Centrolobium tomentosum* Guill.), frente às condições de Pederneiras-SP. *Silvicultura em São Paulo*, 16 A (2): 1039-1042.
- Nogueira, J.C.B.; Siqueira, A.C.M.F.; Garrido, M.A.O.; Gurgel Garrido, L.M.A.; Rosa, P.R.F.; Moraes, J.L. de.; Zandarin, M.A.; Gurgel Filho, O.A. 1982d. Ensaio de competição de algumas essências nativas em diferentes regiões do Estado de São Paulo. *Silvicultura em São Paulo*, 16 A (2): 1051-1063.
- Nogueira, J.C.B.; Siqueira, A.C.M.F.; Moraes, E.; Zandarin, M.A. 1982c. Plantio de Cabreúva - *Myroxylon peruiferum* L.F. – em diferentes espaçamentos. *Silvicultura em São Paulo*, 16 A (2): 1064-1069.
- Nogueira, J.C.B.; Siqueira, A.C.M.F.; Moraes, E.; Coelho, L.C.C.; Mariano, G.; Kageyama, P.Y.; Zanatto, A.C.; Figliolia, M.B. 1982a. Conservação genética de essências nativas através de ensaios de progênie e procedência. *Silvicultura em São Paulo*, 16 A (2): 957-969.
- Oliveira, T.K.; Arco-Verde, M.F.; Silva, D.V.; Santos, A.Q. 2016. Análise financeira em um consórcio agrossilvicultural de 26 anos desenvolvido por agrossilvicultores do Projeto Recla. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais*.
- Paquette, A.; Messier, C. 2010. The role of plantations in managing the world's forests in the Anthropocene. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8:27–34.
- Parrotta, J.A. 1999. Productivity, nutrient cycling, and succession in single- and mixed-species plantations of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus robusta*, and *Leucaena leucocephala* in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management*, 124:45-77.
- Parrotta, J.A.; Knowles, O.H. 1999. Restoration of tropical moist forests on bauxite-mined lands in the Brazilian Amazon. *Restoration Ecology*, 7:103-116.
- Piotto, D. 2007. Growth of native tree plantations in open pasture, young secondary forest, and mature forest in humid tropical Costa Rica. *Journal of Tropical Forest Science*, 19:86-96.
- Piotto, D. 2008. A meta-analysis comparing tree growth in monocultures and mixed plantations. *Forest Ecology and Management*, 255:781-786.
- Ramos, J.M.; del Amo, S. 1992. Enrichment planting in a tropical secondary forest in Veracruz, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 54:289-304.
- Rappaport, D.; Montagnini, F. 2014. Tree species growth under a rubber (*Hevea brasiliensis*) plantation: Native restoration via enrichment planting in southern Bahia, Brazil. *New Forests*, 45 (5):715-732.
- Ribeiro, M.C.; Metzger, J.P.; Martensen, A.C.; Ponzoni, F.J.; Hirota, M.M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, 142(6):1141-1153.
- Rodrigues, R.R.; Lima, R.A.F.; Gandolfi, S.; Nave, A.G. 2009. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*, 142(6):1242-1251.
- Sebbenn, A.M.; Kageyama, P.Y.; Zanatto, A.C.S. 2002. Estimativas de ganhos genéticos na seleção em populações de *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze, incorporando informações do sistema misto de reprodução. *Revista do Instituto Florestal*, 14(1): 65-77.
- Sedjo, R.A. 2001. From foraging to cropping: the transition to plantation forestry, and implications for wood supply and demand. *Unasylva*, 52(204):24-27.
- Silva, J.M.C.; Tabarelli, M. 2000. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. *Nature*, 404:72-74.
- Silva, L.B.X.; Torres, M.A.V. 1992. Espécies florestais cultivadas pela Copel-PR (1974- 1991). *Revista do Instituto Florestal*, 4(2):585-594.
- Siqueira, A.C.M.F.; Moraes, E.; Nogueira, J.C.B.; Murgel, J.M.T.; Kageyama, P.Y. 1982. Teste de progênie e procedência do cumbaru (*Dipteryx alata* Vog.). *Silvicultura em São Paulo*, 16 A (2): 1076-1080.
- Sohngen, B.; Tian, X. 2016. Global climate change impacts on forests and markets. *Forest Policy and Economics*, 7:18-26.
- Somarriba, E.; Suárez-Islas, A.; Calero-Borge, W.; Villota, A.; Castillo, C.; Vílchez, S.; Deheuvels, O.; Cerda, R.

2014. Cocoa–timber agroforestry systems: *Theobroma cacao*–*Cordia alliodora* in Central America. *Agroforestry Systems*, 88:1001-1019
- Souza, W.J.M.; Nogueira, J.C.B.; Siqueira, A.C.M.F. 1982. Fagundes, M.A.; Zandarin, M.A. Ensaio de espaçamento da canela-imbuia (*Ocotea porosa* (Ness) L. Barroso), em Angatuba-SP. *Silvicultura em São Paulo*, 16 A (2): 1043-1046.
- Thomas, W.W.; Carvalho, A.M.; Amorim, A.M.; Garrison, J.; Arbelaez, A.L. 1998. Plant endemism in two forests in southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 7:311-322.
- Vanclay, J.K. 2006. Experiment designs to evaluate inter- and intra-specific interactions in mixed plantations of forest trees. *Forest Ecology and Management*, 233:366-374.
- Viana, V.M. 1982. Conservação genética “ex situ” do ipê-felpudo (*Zeyhera tuberculosa*). *Silvicultura em São Paulo*, 16 A (2): 1028-1031.
- Vinha, S.G.; Lobão, D.E.V.P. 1989. Estação Ecológica do Pau-brasil. Centro de Pesquisas do Cacau. 40 p.
- Wadsworth, F.H. 1997. *Forest Production for Tropical America*. United States Department of Agriculture Forest Service. Agriculture Handbook 710. Washington, DC. 563 p.
- Zanatto, A.C.S.; Nogueira, J.C.B.; Siqueira, A.C.M.F.; Bertoldi, S.E. 1982. Ensaio de espaçamentos com jequitibá-vermelho *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze. frente às condições de Luiz Antônio, São Paulo. *Silvicultura em São Paulo*, 16 A (2): 1047-1050.



# 2. MODELOS BIOMÉTRICOS PARA PLANTIOS SILVICULTURAIS COM MÚLTIPLAS ESPÉCIES NA MATA ATLÂNTICA DO NORTE DO ESPÍRITO SANTO

SAMIR G. ROLIM, ENRIQUE ORELLANA, DANIEL PIOTTO, EDGAR DE SOUZA VISMARA

## 1. Introdução

Existem diversos modelos matemáticos que descrevem a relação entre o crescimento de uma parte de um organismo em relação a outra parte ou o todo (Gould, 1966). Medidas de diâmetro (D) e altura (H) das árvores são essencialmente importantes para descrever aspectos fisiológicos, a estrutura e dinâmica de florestas plantadas ou naturais (McMahon & Bonner 1983) e são as variáveis morfológicas básicas para o estudo destas relações.

Os modelos são utilizados para descrever a relação H-D das árvores (Curtis, 1967; Fang & Bailey, 1998; Batista et al., 2001; Feldpausch et al., 2011; Soares et al., 2011; Scaranelo et al., 2012; Ré et al., 2015; Mehtatalo et al., 2015; Vibrans et al., 2015), estimar o volume de madeira comercial (Scolforo et al., 1994; Batista et al., 2004; Chichorro et al., 2003; Akindede & LeMay, 2006; Rolim et al., 2006; Alegria e Tomé, 2011; Soares et al., 2011; Ré et al., 2015) e a biomassa estocada nas árvores (Nelson et al., 1999; Chambers et al., 2001; Nogueira et al., 2008; Djomo et al., 2010; Chave et al., 2014; Lewis et al., 2013; Lang et al., 2016).

Existem muitos modelos disponíveis na literatura, desde aqueles bastante genéricos até modelos específicos para regiões, formações florestais e espécies. Os modelos genéricos, baseados em dados de árvores de diversas localidades, são os mais utilizados. Porém, tais modelos são sensíveis à tipologia florestal, a variáveis climáticas, altitude e solo (Feldpausch et al., 2011; Scaranelo et al., 2012; Chave et al., 2014; Vibrans et al., 2015), bem como à plasticidade das espécies em diferentes regiões (Huang et al., 2000). Assim, modelos genéricos estão

sujeitos a erros sistemáticos, que podem variar mais de quatro vezes do valor real ao nível de localidade, enquanto modelos locais tem o potencial de reduzir estas incertezas (Chave et al., 2014).

A grande maioria dos modelos foi desenvolvida para florestas naturais ou para monocultivos florestais das espécies mais comumente utilizadas, como o eucalipto, pinus, teca, etc. Para espécies nativas em plantios silviculturais ainda existe uma carência muito grande de modelos (veja como exceção: Tonini et al., 2005; Soares et al., 2011) ou mesmo em plantios mistos de restauração (Miranda et al., 2011; Ré et al., 2015). A dificuldade para geração de modelos para espécies nativas em plantios na Mata Atlântica está relacionada ainda à inexpressiva área que à silvicultura de nativas ocupa quando comparada a silvicultura de espécies exóticas e ao pequeno número de espécies nativas utilizadas em plantios comerciais.

Neste trabalho os dados de 168 árvores de plantios silviculturais com espécies nativas no norte do Espírito Santo foram utilizadas para a elaboração de modelos que descrevem a relação H-D, o volume de madeira comercial e a biomassa acima do solo das árvores individuais.

## 2. Metodologia

### 2.1 Área de Estudo

A Reserva Natural Vale (RNV) possui cerca de 23 mil ha e está localizada no norte do Espírito Santo, sobre terrenos com pequena variação de altitude, geralmente entre 30 e 60 m. O clima é considerado estacional e a vegetação florestal pode ser classificada como Floresta Estacional Perenifolia. Para o período de janeiro de 1975 a dezembro de

2004, a precipitação média anual foi igual a 1227 mm (desvio padrão  $\pm$  273 mm), a temperatura média anual foi de 23,3°C, variando muito pouco ao longo do ano, entre 20,0°C e 26,2°C (médias das mínimas e máximas anuais). A umidade relativa média anual foi de 85,8%, também variando muito pouco ao longo do ano, entre 82,2% e 89,2% (Rolim et al., 2016).

## 2.2 Coleta de Dados

Em pequena parte da área da Reserva, de cerca de 700 ha, existem diversos projetos de pesquisa em silvicultura estabelecidos desde o final dos anos 70 até início dos 90, em plantios de enriquecimento (em matas secundárias), plantios mistos a pleno sol e plantios puros, sendo que estes últimos incluem alguns experimentos que constituem testes de espaçamento, testes de procedências e progênies, totalizando quase 100 espécies arbóreas da Mata Atlântica.

Os dados para este estudo foram obtidos em 2005 e 2006, quando foram cortadas 200 árvores de 10 espécies nesses plantios silviculturais, sendo 20 árvores por espécie. Foram descartadas 32 árvores para as análises, a grande maioria por não apresentar uma relação H-D satisfatória para plantios silviculturais, geralmente árvores com fustes comerciais curtos de aproximadamente 3 m e alto valor de DAP, alguns com 30 cm. Tais árvores não seriam mantidas em plantios silviculturais bem manejados.

Na data de corte, as 168 árvores utilizadas nas análises apresentavam de 15 a 30 anos de idade e diâmetros variando de 5 a 40 cm, alturas totais de 3,3 a 24,4 m e alturas dos fustes comerciais de 1,6 a 17 m. As 10 espécies estudadas foram: *Astronium graveolens*, *Libidibia ferrea*, *Cariniana legalis*, *Cordia trichotoma*, *Joannesia princeps*, *Pteropcarpus rohrii*, *Basiloxylon brasiliensis*, *Schizolobium parayba*, *Handroanthus serratifolius* e *Zeyhera tuberculosa*.

As árvores foram cubadas pelo método de Smalian e foram obtidas amostras de discos de madeira, para determinação da densidade da madeira. Os métodos para a coleta dos dados estão detalhados em Vismara (2009). Com esses dados foram ajustados os modelos de biomassa, volume comercial e da relação H-D para todas as espécies estudadas.

## 2.3 Modelos Testados

Com os dados coletados foram estudados modelos hipsométricos, os quais descrevem a relação H-D, modelos de volume comercial e modelos de biomassa total para árvores individuais (Tabela 1), sendo a maioria deles citado em Huang et al. (1992), Kiviste et al. (2002) e Mehtatalo et al. (2015). Foram testados dois modelos volumétricos não lineares e cinco modelos não lineares de biomassa, a partir da forma geral descrita em McRoberts & Westfall (2014):

$$Y = \beta_0 \cdot X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \dots X_p^{\beta_p}.$$

Os modelos volumétricos (com as variáveis altura comercial e DAP) são os de Spurr (1952) e Schumacher-Hall (1933) e os modelos de biomassa também são variações básicas dos modelos volumétricos descritos em Schumacher & Hall ou em Spurr, combinando ou não 3 variáveis preditoras: altura total, DAP e densidade da madeira (Tabela 1).

Os dados utilizados para análise apresentam árvores de diferentes tamanhos e é comum a variância não ser constante em função do aumento do diâmetro, afetando a distribuição de erros nos modelos hipsométricos, volumétricos e de biomassa. Para corrigir essa heterogeneidade da variância (heterocedasticidade) alguns métodos têm sido recomendados, como a transformação dos dados e a regressão ponderada, mantendo-se a premissa da normalidade dos erros (Cunia, 1964, Sprugel, 1983; Carrol & Ruppert, 1988; Parresol, 1999).

Entretanto, conforme aponta Zuur et al. (2009) é importante que essa heterogeneidade nos dados seja incorporada nos modelos e os modelos lineares generalizados permitem o ajuste dos coeficientes com quadrados mínimos generalizados, podendo assumir uma distribuição de erros de qualquer família exponencial e modelando a variância sem alterar a escala original das variáveis (Nelder, 1991).

As análises foram realizadas com o software R (R Core Team, 2018), onde a modelagem da variância foi feita com o argumento *varPower* da função *gnls* (*generalized nonlinear least-squares*) do pacote *nlme* (*Linear and Nonlinear Mixed-Effects Models*), desenvolvido originalmente para S e S-Plus (Pinheiro & Bates, 2000) e adaptado para R (Pinheiro et al., 2018).

## 2.4 Seleção dos Melhores Modelos

O critério de informação de Akaike corrigido ( $AIC_c$ , Hurvich & Tsai, 1989) foi utilizado para seleção do melhor modelo. O menor valor de  $AIC_c$  geralmente indica o melhor modelo, mas outros modelos podem ser selecionados como igualmente plausíveis. Para levar isso em conta foi analisada a diferença ( $\Delta_i$ ) entre o valor de  $AIC_c$  de cada modelo e o menor valor de  $AIC_c$  entre os modelos testados. Modelos com  $\Delta_i < 2$  podem ser considerados plausíveis, mas quanto menor o valor  $\Delta_i$ , maior é a plausibilidade de um modelo e todos devem ser avaliados com cautela para seleção.

Também foi computado o peso de Akaike  $W_i$ , que

é a probabilidade de que o modelo seja correto, considerando os modelos utilizados (Burnham & Anderson, 2002). A divisão entre os pesos de dois modelos fornece ainda a evidência probabilística de superioridade entre o modelo com menor  $AIC_c$  e o modelo que se quer comparar.

Quando mais de um modelo é plausível, a escolha pode ser guiada pela interpretação biológica de suas propriedades, por conveniência ou até por preferências pessoais (Curtis, 1967), mas em qualquer caso é necessário ser parcimonioso com um modelo com menor número de parâmetros e, quando for o caso, com boa capacidade de predição, extrapolando além da amplitude dos dados utilizados para modelagem.

Tabela 1. Modelos hipsométricos, volumétricos e de biomassa ajustados para espécies arbóreas em plantios silviculturais do Norte do Espírito Santo.  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$  são os coeficientes a serem estimados;  $D$  é o diâmetro (cm) a altura do peito (130 cm);  $\rho$  é a densidade da madeira  $g/cm^3$ ;  $H_F$  a altura do fuste (m) e  $H_T$  a altura total (m). Nos modelos hipsométricos  $H$  pode ser  $H_F$  ou  $H_T$ ;  $V_F$  é o volume do fuste e  $AGB$  é a biomassa total acima do solo em Kg.

Tipo	Modelo	Equação
Hipsométrico	Richards (1959, Mitscherlich I, 1919)	$H = \beta_0 (1 - \exp^{-\beta_1 \cdot D})^{\beta_2}$
	Weibull (1951, Fisher & Tippett, 1928)	$H = \beta_0 (1 - \exp^{-\beta_1 \cdot D^{\beta_2}})$
	Monomolecular (Weber, 1891)	$H = \beta_0 (1 - \beta_2 \exp^{-\beta_1 \cdot D})$
	Meyer (1940)	$H = \beta_0 (1 - \exp^{-\beta_1 \cdot D})$
	Logístico (Verhulst, 1838))	$H = \beta_0 / (1 + \beta_2 \exp^{-\beta_1 \cdot D})$
	Hosfeld IV (1822)	$H = \beta_0 / (1 + \beta_2 \exp^{-\beta_1 \ln(D)})$
	Gompertz (1825)	$H = \beta_0 \exp^{-\beta_2} \exp^{-\beta_1 \cdot D}$
	Naslund (1937)	$H = (D / (\beta_0 D + \beta_1))^2$
	Curtis (1967)	$H = \beta_0 (D / (1 + D))^{\beta_1}$
	Potência (Arrhenius, 1921)	$H = \beta_0 \cdot D^{\beta_1}$
	Korf (1939)	$H = \beta_0 \exp^{-\beta_1 D^{-\beta_2}}$
Terazaki (1915, Schumacher, 1939)	$H = \beta_0 \exp^{-\beta_1 D^{-1}}$	
Volume	V1. Spurr Não Linear	$V_F = \beta_0 \cdot (D^2 H_F)^{\beta_1}$
	V2. Schumacher-Hall	$V_F = \beta_0 \cdot D^{\beta_1} H_F^{\beta_2}$
Biomassa	Modelo 1	$AGB = \beta_0 \cdot (D^2 H_T \rho)^{\beta_1}$
	Modelo 2	$AGB = \beta_0 \cdot (D^2 H_T)^{\beta_1} \rho^{\beta_2}$
	Modelo 3	$AGB = \beta_0 \cdot (D^2 \rho)^{\beta_1} H_T^{\beta_2}$
	Modelo 4	$AGB = \beta_0 \cdot D^{\beta_1} (D^2 H_T \rho)^{\beta_2}$
	Modelo 5	$AGB = \beta_0 \cdot D^{\beta_1} H_T^{\beta_2} \rho^{\beta_3}$

Portanto, para selecionar o melhor modelo, além do  $AIC_c$ : a) foi feita a interpretação da curva de cada modelo dentro da amplitude dos dados analisados; b) foi avaliado o significado biológico da assíntota  $\beta_0$ ; c) foi avaliado o comportamento do modelo até o limite de 40-50 cm de diâmetro, que é um limite máximo esperado para o corte de árvores em plantios silviculturais com espécies nativas, sempre com uma cautela na interpretação dos resultados.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Modelos Hipsométricos

Vários dos modelos hipsométricos testados podem descrever a relação H-D, pois a grande maioria apresenta  $\Delta i < 2$  (Tabela 2).

Para a equação de altura total o modelo de Naslund apresentou menor  $AIC_c$  e os modelos de Hosfeld, Richards e Monomolecular são igualmente plausíveis com  $\Delta i < 2$ . Para a equação de altura comercial vários modelos são plausíveis com  $\Delta i < 1$  (logístico, Naslund, Curtis, Weibull, Gompertz, monomolecular, Richards e Terazaki) e foi selecionado o modelo de Naslund em

relação ao modelo logístico pois ambos são plausíveis e o modelo de Naslund possui menor número de parâmetros. Os modelos de Richards e Weibull estão entre os mais flexíveis e acurados para estimar alturas (Huang et al., 1992; Sharma & Zhang, 2004), inclusive em árvores nativas na floresta atlântica (Scaranello et al., 2012). Para Linhares, eles podem ser usados para obter estimativas de altura comercial, mas para a estimativa de altura total o peso de evidência a favor do modelo de Naslund é alto, sendo este o modelo recomendado nas duas situações (Figuras 1 e 2).

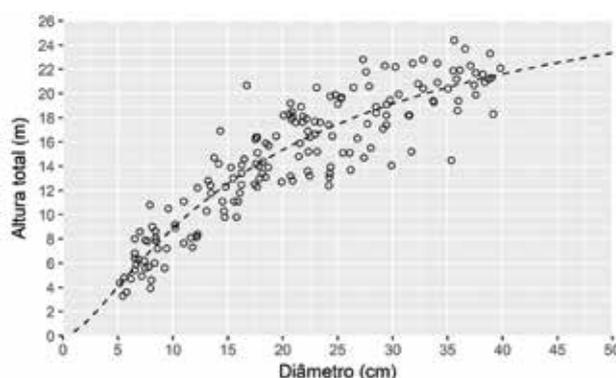


Figura 1. Altura total observada em função do diâmetro de 168 árvores e modelo ajustado de Naslund para estimar a altura total de árvores em plantios silviculturais na Mata Atlântica.

Tabela 2. Estimativas dos coeficientes dos modelos hipsométricos ajustados para plantios silviculturais no norte do Espírito Santo, onde  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ , são os coeficientes,  $AIC_c$  o valor de Akaike corrigido,  $\Delta i$  é a diferença entre o menor valor de  $AIC_c$  e o valor de  $AIC_c$  do modelo a ser comparado,  $W_i$  é o peso de Akaike e EPr o erro padrão dos resíduos. São apresentados apenas os modelos com  $\Delta i < 1$  (altura comercial) e  $\Delta i < 2$  (altura total).

Hipsometria	Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	EPr	$AIC_c$	$\Delta i$	$W_i$
Altura total $\Delta i < 2$	Naslund	0,1749	1,6080		0,743	734,67	0,00	0,312
	Monomolecular	24,6030	0,0535	1,0928	0,738	736,52	1,84	0,124
	Richards	23,6439	0,0648	1,3408	0,743	736,59	1,92	0,120
	Hosfeld IV	28,2218	1,4025	55,6390	0,747	736,68	2,01	0,114
Altura comercial $\Delta i < 1$	Logístico	12,0811	0,1630	9,3199	0,350	741,56	0,00	0,131
	Naslund	0,2150	2,5188		0,303	741,68	0,12	0,124
	Curtis	16,6346	12,9661		0,278	741,75	0,19	0,119
	Weibull 3p	13,0604	0,0176	1,3837	0,316	741,78	0,22	0,118
	Gompertz	12,8553	0,1032	2,9960	0,333	742,06	0,50	0,102
	Monomolecular	15,0531	0,0489	1,1273	0,292	742,13	0,57	0,099
	Richards	13,8606	0,0689	1,5974	0,311	742,21	0,65	0,095
	Terazaki	16,0505	11,8678		0,271	742,52	0,96	0,081

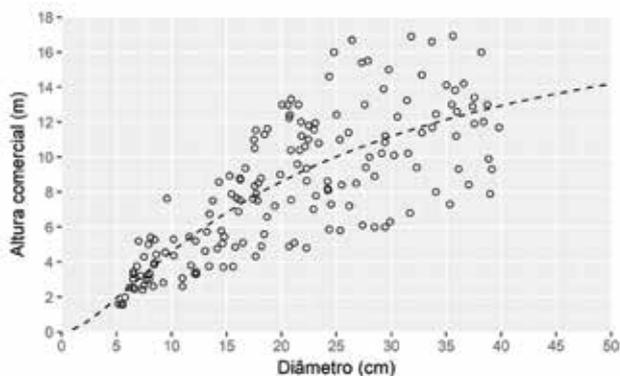


Figura 2. Altura comercial observada em função do diâmetro de 168 árvores e modelo ajustado de Naslund para estimar a altura comercial de árvores em plantios silviculturais na Mata Atlântica.

### 3.2 Modelos Volumétricos

Entre os modelos volumétricos testados, Schumacher-Hall ( $AIC_c = -906$ ) apresentou um peso de Akaike  $W_i$  igual a 100% (Tabela 3), com peso de evidência muito superior em relação a Spurr ( $AIC_c = -821$ ), sem tendenciosidade. Dessa maneira, combinar as variáveis altura e diâmetro em uma variável combinada não trouxe melhoria no modelo e Schumacher-Hall é recomendado para estimativas volumétricas em plantios silviculturais com espécies nativas no norte do Espírito Santo (Figura 3):

$V_F = 1,11 \cdot 10^{-4} \cdot D^{2,0479} \cdot H_F^{0,6352}$ , onde  $V_F$  é o volume do fuste em  $m^3$ ,  $D$  o diâmetro em cm e  $H_F$  a altura do fuste em m.

Tabela 3. Estimativas dos coeficientes dos modelos volumétricos ajustados para plantios silviculturais no norte do Espírito Santo, onde  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ , são os coeficientes,  $AIC_c$  o valor de Akaike corrigido,  $\Delta i$  é a diferença entre o menor valor de  $AIC_c$  e o valor de  $AIC_c$  do modelo a ser comparado,  $W_i$  é o peso de Akaike e EPr o erro padrão dos resíduos.

Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	EPr	$AIC_c$	$\Delta i$	$W_i$
Schumacher-Hall	$1,110 \cdot 10^{-4}$	2,0479	0,6352	0,0900	-906,53	0,00	1,00
Spurr	$1,383 \cdot 10^{-4}$	0,8977		0,1154	-821,26	85,27	0,00

O modelo de Schumacher-Hall já foi testado sob as mais diversas condições de clima e solo e é de uso bastante generalizado em silvicultura, sendo ajustado

a uma grande variedade de dados, geralmente com precisão e sem tendência (Avery & Burkhardt, 1983; Leite & Andrade, 2002). Por exemplo, o modelo de Schumacher-Hall apresentou melhor desempenho para estimar o volume em floresta africana (Akindele & LeMay, 2006; Mayaka et al., 2017), na floresta atlântica brasileira (Blanco-Jorge, 1982), na Amazônia (Rolim et al., 2006), no cerrado (Rufini et al., 2010), em árvores da *Picea glauca* no Canadá (Morton et al., 1990), em plantios de *Eucalyptus* (Azevedo et al. 2011; Pereira et al., 2016), plantios de *Pinus* (Melo et al., 2013; Thomas et al., 2006; Alegria e Tomé, 2011), plantios de *Mimosa scrabella* (Machado et al., 2008), plantios de *Tectona grandis* (Vendruscolo et al., 2014), em árvores de *Tabebuia* (Batista et al., 2004) e em diversas espécies da floresta atlântica (Soares et al., 2011).

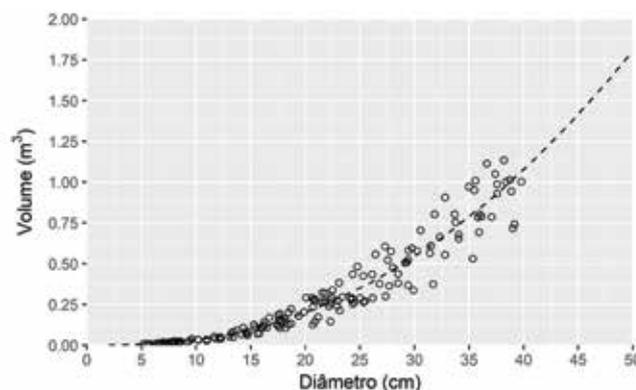


Figura 3. Volume comercial observado em função do diâmetro de 168 árvores e modelo ajustado de Schumacher-Hall para estimar o volume comercial de árvores em plantios silviculturais na Mata Atlântica.

### 3.3 Modelos de Biomassa

Entre os modelos de biomassa, apenas o modelo 5 é plausível, pois todos os outros apresentam  $\Delta i > 10$  (Tabela 4), sendo recomendado para estimar biomassa de árvores com diâmetros até 40 cm (Figura 4):

$AGB = 0,1009 \cdot D^{2,2472} \cdot H_T^{0,4333} \cdot \rho^{0,7865}$ , diâmetro  $D$  em cm, altura total  $H_T$  em m, densidade da madeira  $\rho$  em  $g/cm^3$  e biomassa AGB em Kg.

Tabela 4<sup>1</sup>. Estimativas dos coeficientes dos modelos de biomassa ajustados para plantios silviculturais no norte do Espírito Santo, onde  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ , são os coeficientes,  $AIC_c$  o valor de Akaike corrigido,  $\Delta i$  é a diferença entre o menor valor de  $AIC_c$  e o valor de  $AIC_c$  do modelo a ser comparado,  $W_i$  é o peso de Akaike e EPr o erro padrão dos resíduos.

Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	EPr	$AIC_c$	$\Delta i$	$W_i$
Modelo 5	0,1009	2,2472	0,4333	0,7865	0,459	1501,29	0,00	0,997
Modelo 4	0,0749	0,6967	0,6963		0,632	1513,11	11,82	0,003
Modelo 2	0,0725	0,9479	0,7756		0,737	1540,94	39,65	0,000
Modelo 1	0,0961	0,9291			0,616	1551,15	49,86	0,000
Modelo 3	0,0554	0,8635	1,5987		0,738	1733,90	232,61	0,000

O modelo 5 é uma variação de Schumacher-Hall, com 4 parâmetros, incluindo três variáveis que são consideradas apropriadas para estimar a biomassa de árvores: diâmetro, altura e densidade da madeira (Baker et al. 2004; Chave et al. 2014). Em florestas tropicais, devido às dificuldades de medição de alturas, muitos modelos são desenvolvidos apenas com DAP. Embora em alguns casos a introdução da altura no modelo tem uma melhora pouco expressiva na qualidade do ajuste (Djomo et al., 2010), em outros a altura melhora sensivelmente as estimativas do modelo e diminui o erro dos resíduos (Li & Zhao, 2013). Além disso, duas árvores com mesmo diâmetro podem apresentar diferentes alturas, o que justifica que altura seja considerada como variável preditora (Nogueira et al., 2008; Picard et al. 2015; Temesgen et al., 2015; Weiskittel et al. 2015). Nos dados de Linhares, ao comparar o modelo selecionado com modelos sem altura ou sem densidade da madeira (resultados não mostrados), foi encontrado um peso de evidência muito alto a favor do uso destas variáveis, ressaltando a importância de seu uso nos modelos. Ressalta-se ainda que diferentemente das estimativas de biomassa em florestas tropicais, com alta diversidade de espécies e onde nem sempre a densidade da madeira é disponível para muitas espécies, as estimativas em plantios silviculturais requerem o estudo da densidade da madeira de poucas espécies, não devendo esta variável ser desprezada nos modelos. A altura também é muito mais facilmente mensurada em plantios silviculturais, devido à menor diversidade e facilidade de observação do fuste e da copa.

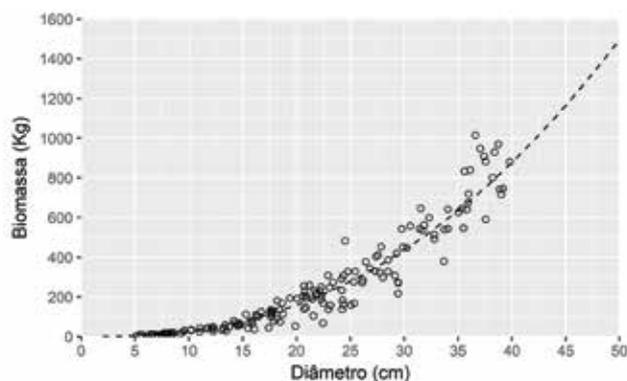


Figura 4. Biomassa total individual observada em função do diâmetro de 168 árvores e modelo 5 (Schumacher-Hall, 4 parâmetros) ajustado para biomassa de árvores em plantios silviculturais na Mata Atlântica.

#### 4. Referências

- Akindede, S.O.; LeMay, V.M. 2006. Development of tree volume equations for common timber species in the tropical rain forest area of Nigeria. *Forest Ecology and Management*, 226:41-48.
- Alegria, C.; Tomé, M. 2011. A set of models for individual tree merchantable volume prediction for *Pinus pinaster* Ailton in central inland of Portugal. *European Journal of Forest Research*, 130(5):871-879.
- Avery, T.E.; Burkhart, H.E. 1983. *Forest Measurements*. McGraw-Hill Publishing, New York.
- Azevedo, T.L.; Mello, A.A.; Ferreira, R.A.; Sanquetta, C.R.; Nakajima, N.Y. 2011. Equações hipsométricas e volumétricas para um povoamento de *Eucalyptus* sp. Localizado na FLONA do Ibura, Sergipe. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 6(1):105-112.
- Baker, T.R.; Phillips, O.L.; Malhi, Y.; Almeida, S.; Arroyo, L.; Di Fiore, A.; Erwin, T.; Higuchi, N.; Killeen, T.J.; Laurance, S.G.; Laurance, W.F.; Lewis, S.L.; Lloyd, J.; Monteagudo, A.; Neill, D.A.; Patino, S.; Pitman, N.C.A.; Silva, J.N.M.; Vasquez Martinez, R. 2004. Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biology*, 10:545-562.
- Batista, J.L.F.; Couto, H.T.Z.; Marquesini, M. 2001. Desempenho de modelos de relações hipsométricas: estudo em três tipos de floresta. *Scientia Forestalis*, 60:149-163.
- Batista, J.L.F.; Marquesini, M.; Viana, V.M. 2004. Equações de volume para árvores de caxeta (*Tabebuia cassinoides*) no estado de São Paulo e sul do estado

<sup>1</sup> Alguns valores extremos na distribuição de resíduos ainda permanecem na análise do volume e da biomassa. Os mesmos foram mantidos, pois não afetam a estimativa dos coeficientes (embora pudessem melhorar um pouco o erro padrão).

- do Rio de Janeiro. *Scientia Forestalis*, 65:162-175.
- Burnham, K.P.; Anderson, D.R. 2002. Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretical Approach. 2d ed. New York: Springer-Verlag.
- Carroll, R.J.; Ruppert, D. 1988. Transformation and Weighting in Regression. Chapman and Hall, New York, NY, USA, 249p.
- Chambers, J.Q.; dos Santos, J.; Ribeiro, R.J.; Higuchi, N. 2001. Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in Central Amazon forest, *Forest Ecology and Management*, 152:73–84.
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B.C., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P.M., Goodman, R.C., Henry, M., Martínez-Yrizar, A., Mugasha, W.A., Muller-Landau, H.C., Mencuccini, M., Nelson, B.W., Ngomanda, A., Nogueira, E.M., Ortiz-Malavassi, E., Pélissier, R., Ploton, P., Ryan, C.M., Saldarriaga, J.G., Vieilledent, G. 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20:3177–3190.
- Chichorro, J.F.; Resende, P.J.L.; Leite, G.A. 2003. Equações de volume e de taper para quantificar multiprodutos da madeira em floresta atlântica. *Revista Árvore*, 27(6):799-809.
- Cunia, T. 1964. Weighted least squares method and construction of volume tables. *Forest Science*, 10(2):180-191.
- Curtis, R.O. 1967. Height-diameter and height-diameter-age equations for second-growth Douglas Fir. *Forest Science*, 13:365-375.
- Djomo, A.N.; Ibrahima, A.; Saborowski, J.; Gravenhorst, G. 2010. Allometric equations for biomass estimations in Cameroon and pan moist tropical equations including biomass data from Africa. *Forest Ecology and Management*, 260:1873-1885.
- Fang, Z.; Bailey, R.L. 1998. Height-diameter models for tropical forests on Hainan Island in southern China. *Forest Ecology and Management*, 110(1-3):315-327.
- Feldpausch TR, Banin L, Phillips OL, et al. 2011. Height-diameter allometry of tropical forest trees. *Biogeosciences*, 8:1081–1106.
- Gould, S.J., 1966. Allometry and size in ontogeny and phylogeny. *Biological Reviews*, 41(4):587–638.
- Huang, S.; Price, D.; Titus, S.J. 2000. Development of ecoregion-based height-diameter models for white spruce in boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 129(1-3):125-140.
- Huang, S.; Titus, S.J.; Wiens, D.P. 1992. Comparison of nonlinear height-diameter functions for major Alberta tree species. *Canadian Journal of Forest Research*, 22(9): 1297-1304.
- Hurvich, C.M.; Tsai, C.L. 1989. Regression and time series model selection in small samples. *Biometrika*, 76(2):297-307.
- Jorge, L.A.B. 1982. Equações de volume comercial com casca em floresta tropical pluvial no norte do Espírito Santo. *Silvicultura em São Paulo*, 16(1):456-467.
- Lang, M.; Lilleleht, A.; Neumann, M.; Bronisz, K.; Rolim, S.G.; Seedre, M.; Uri, V.; Kiviste, A. 2016. Estimation of above-ground biomass in forest stands from regression on their basal area and height. *Forestry Studies*, 64:70-92.
- Leite, H.G.; Andrade, V.C.L. 2002. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. *Revista Árvore*, 26(3):321-328.
- Lewis, S.L.; Sonké, B.; Sunderland, T. et al. 2013. Above-ground biomass and structure of 260 African tropical forests. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 368:20120295.
- Li, H.; Zhao, P. 2013. Improving the accuracy of tree-level aboveground biomass equations with height classification at a large regional scale. *Forest Ecology and Management*, 299:153-163.
- Machado, S.A.; Figura, M.A.; Silva, L.C.R.; Téo, S.J.; Stolle, L.; Urbano, E. 2008. Modelagem volumétrica para bracinga (*Mimosa scabrella*) em povoamentos da região metropolitana de Curitiba. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 56:17-29.
- Mayaka, T.B.; Atyi, R.E.; Momo, S.T. 2017. Construction of multispecies allometric equations: Is there a statistical palliative for destructive tree sampling? *Journal of Tropical Forest Science*, 29(3):282-296.
- McMahon, T.A. & Bonner, J.T. 1983. *On Size and Life*. Scientific American Books, New York, New York.
- McRoberts, R.E.; Westfall, J.A. 2014. Effects of uncertainty in model predictions of individual tree volume on large area volume estimates. *Forest Science*, 60(1):34-42.
- Mehtätalo, L.; Miguel, S.; Gregoire, T.G. 2015. Modeling height-diameter curves for prediction. *Canadian Journal of Forest Research*, 45(7):826-837.
- Melo, L.C.; Barreto, P.A.B.; Oliveira, F.G.R.B.; Novaes, A.B. 2013. Estimativas volumétricas em povoamento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* no sudoeste da Bahia. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 33(76):379-386.
- Miranda, D.L.C.; Melo, A.C.G.; Sanquetta, C.R. 2011.

- Equações alométricas para estimativa de biomassa e carbono em árvores de reflorestamentos de restauração. *Revista Árvore*, 35:679-689.
- Morton, R.T.; Titus, S.J.; Bonnor, G.M.; Grabowski, T.I. 1990. An assessment of white spruce tree volume equations in Canada. *The Forestry Chronicle*, 66(6):600-605.
- Nelder, J.A. 1991. Generalized linear models for enzyme-kinetic data. *Biometrics*, 47:1605-1615.
- Nelson, B.W.; Mesquita, R.; Pereira, J.L.G.; Souza, S.G.A. de; Batista, G.T.; Couto, L.B. 1999. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. *Forest Ecology and Management*, 117(3):149-167.
- Nogueira, E.M.; Fearnside, P.M.; Nelson, B.W.; Barbosa, R.I.; Keizer, E.W.H. 2008. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: new allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. *Forest Ecology and Management*, 256(11):1853-1867.
- Parresol, B.R. 1999. Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons. *Forest Science*, 45(4):573-593.
- Pereira, A.R.S.; Cordeiro, M.A.; Abreu, J.C.; Santos, R.O.; Silva, J.N.M. 2016. Modelagem volumétrica para *Eucalyptus urograndis* no município de Porto Grande, Amapá, Brasil. *Biota Amazônia*, 6(4):10-14.
- Picard, N.; Rutishauser, E.; Ploton, P.; Ngomanda, A.; Henry, M. 2015. Should tree biomass allometry be restricted to power models? *Forest Ecology and Management*, 353:156-163.
- Pinheiro, J.; Bates, D.; DebRoy, S.; Sarkar, D.; R Core Team. nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-131.1.
- Pinheiro, J.C.; Bates, D.M. 2000. *Mixed-effects models in S and S-Plus*. New York: Springer, 528p.
- R Development Core Team 2018. R: A Language and environment for statistical computing. Vienna, R Foundation for Statistical Computing. Available at: <http://www.R-project.org>.
- Ré, D.S.; Engel, V.L.; Ota, L.M.S.; Jorge, L.A.B. 2015. Equações alométricas em plantios mistos visando à restauração da floresta estacional semidecidual. *Cerne*, 21(1):133-140.
- Rolim, S. G.; Couto, H.T.Z.; Jesus, R.M.; França, J.T. 2006. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional de Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA). *Acta Amazonica*, 36(1):107-114.
- Rolim, S.G.; Ivanauskas, N.M.; Engel, V.L. 2016. As florestas de tabuleiro do norte do Espírito Santo são ombrófilas ou estacionais? In: Rolim, S.G.; Menezes, L.F.T.; Srbek-Araujo, A.C. Floresta Atlântica de Tabuleiro: Diversidade e Endemismos na Reserva Natural Vale. Editora Rupestre, Belo Horizonte. Pp. 47-60.
- Rufini, A.L.; Scolforo, J.R.S.; Oliveira, A.D.; Mello, J.M. 2010. Equações volumétricas para o cerrado sensu stricto em Minas Gerais. *Cerne*, 16(1):1-11.
- Scaranello, M.A.S.; Alves, L.F.; Vieira, S.A.; Camargo, P.B.; Joly, C.A.; Martinelli, L.A. 2012. Height-diameter relationships of tropical Atlantic moist forest trees in southeastern Brazil. *Scientia Agricola*, 69(1):26-37.
- Schumacher, F.X.; Hall, F.S. 1933. Logarithmic expression of the timber volume. *Journal of Agriculture Research*, 47(9):719-734.
- Scolforo, J.R.S.; Mello, J.M.; Lima, C.S.A. 1994. Obtenção de relações quantitativas para estimativa de volume do fuste em floresta estacional semidecidual montana. *Cerne*, 1(1): 123-134.
- Sharma, M.; Zhang, S.Y. 2004. Height-Diameter Models Using Stand Characteristics for *Pinus banksiana* and *Picea mariana*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19:442-451.
- Soares, C.P.B.; Martins, F.B.; Leite Jr., H.U., Silva, G.F., Figueiredo, L.T.M. 2011. Equações hipsométricas, volumétricas e de taper para onze espécies nativas. *Revista Árvore*, 35(5):1039-1051.
- Sprugel, D.G. 1983. Correcting for bias in log-transformed allometric equations. *Ecology*, 64:209-210.
- Spurr, S.H. 1952. *Forestry inventory*. Ronald Press, New York. 476p.
- Temesgen, H.; Monleon, V.; Weiskittel, A.; Wilson, D.; 2011. Sampling strategies for efficient estimation of tree foliage biomass. *Forest Science*, 57(2):153-163.
- Thomas, C.; Andrade, C.M.; Schneider, P.R.; Finger, C.A.G. 2006. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. *Ciência Florestal*, 16(3):319-327.
- Tonini, H.; Arco Verde, M.F.; Sá, S.P.P. 2005. Dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no Estado de Roraima - Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), Castanhado-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), Ipê-roxo (*Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Griseb) e Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). *Acta Amazônica*, 35(3):353-362.
- Vendruscolo, D.G.S.; Silva, R.S.; Souza, H.S.; Chaves, A.G.S.; Motta, A.S. 2014. Modelos volumétricos para teca em diferentes espaçamentos em Cáceres, Mato Grosso. *Enciclopédia Biosfera*, 10(19):1333-134.
- Vibrans, A.C.; Moser, P.; Oliveira, L.Z.; de Ma, J.P. 2015. Height-diameter models for three subtropical

- forest types in southern Brazil. *Ciência Agrotécnica*, 39(3):205-215.
- Vismara, E.S. 2009. Mensuração da biomassa e construção de modelos para construção de equações de biomassa. 102p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Weiskittel, A.R.; MacFarlane, D.W.; Radtke, P.J.; Affleck, D.L.R.; Temesgen, H.; Woodall, C.W.; Westfall, J.A.; Coulston, J.W. 2015. A call to improve methods for estimating tree biomass for regional and national assessments. *Journal of Forestry*, 113(4):414-424.
- Zuur, A.F.; Ieno, E.N.; Walker, N.J.; Saveliev, A.A.; Smith, G.M. 2009. *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. Springer, New York, 574p.



# 3. MODELOS DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO PARA 35 ESPÉCIES DA MATA ATLÂNTICA EM PLANTIOS EXPERIMENTAIS NO NORTE DO ESPIRITO SANTO

SAMIR G. ROLIM, DANIEL PIOTTO, ENRIQUE ORELLANA

*“All models are wrong but some are useful”<sup>1</sup>*

## 1. Introdução

Os modelos de crescimento exploram as relações matemáticas entre algum atributo da árvore, como diâmetro ou altura, e a sua idade, mas também podem incluir variáveis climáticas ou de competição. Entender como uma árvore cresce em cada condição ambiental tem importância prática para a silvicultura, pois permite prever o diâmetro futuro de uma árvore e seu potencial volume de madeira (Zeide, 1993; Burkhart & Tomé, 2012; Panik et al., 2014).

Árvores crescem de diferentes maneiras, com diferentes taxas de crescimento em diferentes estágios da vida (Haggard et al., 1998; Brienen & Zuidema, 2006) e podem crescer de diversas formas em função da competição (Gourlet-Fleury & Houllier, 2000; Orellana et al., 2016), dos níveis de luz (Alves & Santos, 2002; Kariuki et al., 2006; Sheil et al., 2006; Adame et al., 2014), das condições de precipitação, temperatura e solo (Swaine, 1996; Baker et al., 2003; Russo et al., 2005; Calvo-Alvarado et al., 2007; Way & Oren, 2010; Breugel et al., 2011) ou devido à própria variação genética entre indivíduos (Sebbenn et al., 2000).

O desenvolvimento de modelos de crescimento tem uma longa história na ecologia e existem muitos modelos disponíveis para explicar o crescimento das espécies (Zeide, 1993; Kiviste et al., 2002). Devido aos vários fatores que afetam o crescimento, idealmente os modelos deveriam ser desenvolvidos localmente para cada região e para cada espécie. A mesma espécie inclusive, pode apresentar diferentes padrões de crescimento em função das diferentes condições ambientais (Parresol & Devall, 2013). Na

Mata Atlântica, a realidade é similar às outras regiões tropicais, onde modelos de crescimento são raros, tanto para as diferentes regiões que compõem o bioma, quanto para as principais espécies nativas plantadas com objetivos silviculturais (algumas exceções são: Tonini et al., 2008; Santos et al., 2015).

Existem basicamente dois métodos principais para obtenção de dados para o desenvolvimento de modelos de crescimento em florestas plantadas. Um deles é a contagem e medição da espessura de anéis no tronco das árvores, os quais apresentam alta correlação com a idade das mesmas (Worbes, 1999; Fichtler et al., 2003; Brienen & Zuidema, 2006). Esse método tem a grande vantagem de poder ser aplicado com uma única coleta de dados, mas tem a desvantagem de não avaliar as árvores diretamente em plantio, sob condições de manejo e de geralmente ser aplicado a um pequeno número de árvores. A mensuração periódica do crescimento seria a outra alternativa, que tem a grande desvantagem de necessitar de muitos anos de coleta de dados para melhorar a precisão das estimativas, mas que permite avaliar melhor as condições ambientais e de manejo onde se deu o crescimento da árvore.

Plantios monitorados periodicamente por mais de 25 anos são raros na Mata Atlântica, mas em Linhares (ES) existe uma coleção de experimentos silviculturais implantados desde 1978 e mensurados periodicamente durante 25 a 40 anos. Neste trabalho são apresentados os resultados dos estudos de crescimento para 35 espécies da Mata Atlântica e são discutidos os possíveis fatores que afetaram o desempenho das mesmas.

<sup>1</sup> Box, G.E.P. 1979. Robustness in the strategy of scientific model building. In: Launer, L.R. & Wilkinsom, G.N. (eds.) Robustness in Statistics, pp.201-236, Academic Press.

## 2. Metodologia

### 2.1 Área de Estudo

A Reserva Natural Vale (RNV) possui cerca de 23 mil ha de Mata Atlântica e está localizada no norte do Espírito Santo, sobre terrenos com pequena variação de altitude, geralmente entre 30 e 60 m. O clima é considerado estacional e a vegetação florestal é classificada como Floresta Estacional Perenifólia. Para o período de janeiro de 1975 a dezembro de 2004, a precipitação média anual foi igual a 1227 mm (desvio padrão  $\pm$  273 mm), a temperatura média anual foi de 23,3°C, variando muito pouco ao longo do ano, entre 20,0°C e 26,2°C (médias das mínimas e máximas anuais). A umidade relativa média anual foi de 85,8%, também variando muito pouco ao longo do ano, entre 82,2% e 89,2% (Rolim et al., 2016).

Em uma pequena parte da área da Reserva, com cerca de 700 ha, existem diversos projetos de pesquisa em silvicultura estabelecidos desde o final dos anos 70 até início dos 90, em plantios de enriquecimento em matas secundárias, plantios mistos e puros a pleno sol, sendo que estes últimos incluem alguns experimentos que constituem testes de espaçamento, testes de procedências e progênies, totalizando quase 100 espécies arbóreas da Mata Atlântica. As espécies foram monitoradas anualmente e em alguns casos, a partir de 20 anos de idade do plantio a medição passou a ser bianual.

Os plantios foram estabelecidos em diversos espaçamentos, mas a maioria das espécies foi plantada de forma homogênea, no espaçamento 2 x 2 m, com 196 árvores por parcela (Capítulo 5). Todos os plantios tiveram uma adubação inicial variando de 110 a 200 g/cova de superfosfato simples, nos plantios mais antigos e nos mais recentes, respectivamente. Em geral também foram adicionados 20 g/cova de cloreto de potássio e 30 g/cova de sulfato de amônio em cobertura. Esporadicamente em alguns experimentos, foi aplicado calcário dolomítico (1,5 Mg/ha). Gramíneas e formigas cortadeiras foram controladas sistematicamente e anualmente, mas os desbastes e desramas foram circunstanciais, sendo que alguns experimentos nunca foram desbastados.

Neste trabalho foram inicialmente analisados os dados de 62 espécies arbóreas, mas várias espécies

apresentaram uma alta mortalidade ou crescimento muito insatisfatório e foram descartadas das análises de crescimento. Entretanto, mesmo algumas espécies com aspectos silviculturais não satisfatórios devido à ausência de desbaste, forma do fuste irregular ou crescimento muito lento, mas com valor de mercado reconhecido, foram mantidas nas análises. Também foram mantidas espécies sem valor madeireiro reconhecido, mas que podem ser de interesse para outra finalidade, resultando em modelos e estimativas para 35 espécies arbóreas da Mata Atlântica.

### 2.2 Modelos de Crescimento em DAP

Para cada espécie foi testado o ajuste de sete modelos de crescimento de uso comum na literatura, embora com variadas notações matemáticas (Zeide, 1993; Kiviste et al., 2002; Pretzsch, 2009; Burkhart & Tomé, 2012; Panik et al., 2014). Num modelo sigmoide o parâmetro A é a assíntota ou, em nosso estudo, o máximo valor de diâmetro esperado nas condições observadas do plantio da espécie. Modelos sem ponto de inflexão não foram utilizados, pois segundo alguns autores são menos plausíveis do ponto de vista biológico (Zeide, 1993; Pretzsch, 2009) e é uma característica de alto interesse estatístico nos modelos (Goshu & Koya, 2013), embora outros autores considerem que o mesmo não possui importância biológica (Weymouth et al., 1931).

Os modelos foram ajustados com quadrados mínimos generalizados, os quais não exigem normalidade dos dados e assumem uma distribuição de erros de qualquer família exponencial (Nelder, 1991). A modelagem foi realizada com o software *R* (R Core Team, 2018) com a função *gnls* (*generalized nonlinear least-squares*) do pacote *nlme* (*Linear and Nonlinear Mixed-Effects Models*), desenvolvido originalmente para *S* e *S-Plus* (Pinheiro & Bates, 2000) e adaptado para *R* (Pinheiro et al., 2018). Nesse caso, a variância foi modelada em função da idade de plantio, com a função *varPower*, assumindo a heterogeneidade do erro, minimizando o erro padrão do modelo.

O critério de informação de Akaike corrigido ( $AIC_c$ , Hurvich & Tsai, 1989) foi utilizado para seleção dos melhores modelos para explicar a relação DAP vs Idade. O menor valor de  $AIC_c$  geralmente indica o melhor modelo, mas outros modelos podem ser selecionados como igualmente plausíveis. Para levar isso em conta foi analisada a diferença ( $\Delta_i$ ) entre o valor de  $AIC_c$  de

cada modelo e o menor valor de  $AIC_c$  entre os modelos testados. Modelos com  $\Delta i < 2$  podem ser considerados plausíveis, mas quanto menor o valor  $\Delta i$ , mais forte é a plausibilidade de um modelo e todos devem ser avaliados com cautela para seleção. Também foi computado o peso de Akaike  $W_i$ , que é a probabilidade de que o modelo seja correto, considerando os modelos utilizados (Burnham & Anderson, 2002). A divisão entre os pesos de dois modelos fornece ainda a evidência probabilística de superioridade entre o modelo com menor  $AIC_c$  e o modelo que se quer comparar.

**Tabela 1. Modelos de regressão não linear ajustados para crescimento em diâmetro (DAP em cm) em função da Idade (I em anos) de 35 espécies na Mata Atlântica. A, c, k, são os parâmetros a serem estimados.**

Modelo	Forma
Richards (Mitscherlich, 1919)	$DAP = A(1 - \exp^{-k \cdot I})^c$
Weibull (Weibull, 1951)	$DAP = A(1 - \exp^{-k \cdot I^c})$
Logístico (Verhulst, 1838)	$DAP = A(1 + c \exp^{-k \cdot I})^{-1}$
Gompertz (Gompertz, 1825)	$DAP = A \exp^{-c \exp^{-k \cdot I}}$
Hosfeld IV (Hosfeld, 1822)	$DAP = A(1 + c \exp^{-k \cdot \ln(I)})^{-1}$
Korf (Korf, 1939)	$DAP = A \exp^{-k \cdot I^{-c}}$
Terazaki (1915)	$DAP = A \exp^{-k \cdot I^{-1}}$

Quando mais de um modelo é concorrente, a escolha pode ser guiada pela interpretação biológica de suas propriedades, por conveniência ou até por preferências pessoais (Curtis, 1967), mas em qualquer caso é necessário ser parcimonioso com um modelo com menor número de parâmetros e com boa capacidade de predição, extrapolando pelo menos um pouco além da amplitude dos dados utilizados para modelagem.

Como o desbaste não foi aplicado de maneira sistemática e periódica para a maioria das 35 espécies estudadas, seguramente houve uma subestimativa no potencial de crescimento em diâmetro em relação a sistemas manejados com desbaste apropriado (Piotto et al., 2003). Nessas situações, alguns estudos têm aprofundado as análises de crescimento separando árvores dominadas das árvores dominantes (Finger et al., 1996; Santos et al., 2015). Dessa forma, foi elaborado um modelo para cada espécie, considerando apenas as árvores dominantes nos plantios, ou seja, aquelas que seriam possíveis de serem colhidas considerando

uma densidade final de aproximadamente 400 árvores por hectare. Isso corresponde a 16% das árvores estabelecidas inicialmente nos plantios puros, ou seja, 31 das 196 árvores plantadas no espaçamento 2 x 2 m. Já em quase todos os plantios consorciados (72 árvores no espaçamento 3 x 2,5 m) seriam necessárias apenas 21 árvores para representar esta densidade de 400 árvores por hectare, entretanto foi mantido o valor absoluto de 31 árvores para permitir uma boa representação da variabilidade do crescimento, ou seja, os resultados são conservadores nos plantios consorciados. Por outro lado, nas espécies oriundas de testes de espaçamento, os resultados não são tão conservadores, pois foram selecionadas as 31 melhores árvores considerando todos os espaçamentos. A interpretação do crescimento considerando apenas as árvores dominantes deve ser feita com cautela, uma vez que tal crescimento é esperado quando são aplicados todos os tratamentos silviculturais, incluindo desbastes periódicos. Entretanto os resultados ainda assim são conservadores, pois mesmo eliminando as árvores dominadas das análises, é muito provável que elas tenham contribuído para uma maior competição durante o período de crescimento das árvores dominantes.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Modelos de Crescimento

Entre os sete modelos testados, o modelo de Korf foi selecionado para ajuste de 21 espécies (60%), o modelo de Hosfeld IV para 8 espécies, o modelo de Gompertz para 4 espécies e o modelo de Weibull para 2 espécies (Tabela 2). Em várias situações mais de 1 modelo foi concorrente com  $\Delta i < 2$ , podendo ser igualmente utilizados para ajustar o crescimento em diâmetro das espécies, mas em geral o modelo de Korf foi muito superior aos demais. Em quase todos os casos Hosfeld IV foi concorrente com Korf com  $\Delta i < 2$ , e é notável a melhor qualidade de ajuste destes modelos, superando os modelos mais tradicionalmente conhecidos, principalmente o modelo de Richards (ou Mitscherlich, 1919), um dos mais acurados para estimativas de crescimento (Zeide, 1993) e não selecionado para nenhuma espécie, embora tenha sido concorrente em alguns casos. Provavelmente o modelo de Richards não foi muito testado contra estes modelos, que parecem ser muito mais acurados.

O modelo de Vacláv Korf é de 1939 e é mais conhecido na Europa central (Kuzelka & Marusák, 2015) e tem sido pouco utilizado para crescimento em diâmetro, mas vários estudos recomendam este modelo para ajustes hipsométricos (Lundqvist, 1957; Zarnovican, 1979; Feng-ri et al., 2000; Vargas-Larreta et al., 2013; Martins et al., 2014; Petrás et al., 2014; Ribeiro et al., 2016). O modelo de Terazaki poderia ter sido selecionado para duas espécies, mas vale destacar aqui que o modelo de Korf com o parâmetro  $c=1$  é uma generalização do modelo de Wataru Terazaki publicado em 1915 num estudo de *Cryptomeria japonica*. Das espécies estudadas em Linhares pode ser concluído que reduzir um parâmetro no modelo de Korf, ao fazer  $c=1$ , não resulta em melhoria no ajuste, pois nos dois casos Korf foi igualmente plausível ao modelo de Terazaki com  $\Delta i < 2$  e foi a opção selecionada por ser mais generalizado, resultado também encontrado por Petrás et al. (2014). O modelo de Terazaki também foi descrito por Schumacher (1939) e Michajlov (1943), provavelmente de maneira independente (Zeide, 1993; Kindermann, 2016).

O modelo Hossfeld IV, de 1822 é o mais antigo modelo de crescimento conhecido (Zeide, 1993; Kiviste et al., 2002) e também tem se ajustado bem em várias situações (Woollons et al., 1990; Ngugi et al., 2000; Kiviste et al., 2002; Bontemps & Duplat, 2012; Donis & Snepsts, 2015). O modelo de Korf apresenta boas propriedades estatísticas e boa capacidade de predição (Feng-ri et al., 2000), mas em alguns casos, tanto o modelo de Korf como de Hossfeld IV não alcançaram convergência ou produziram uma estimativa para a assíntota  $A$  irrealística para plantios silviculturais e foram descartados.

Os modelos de Weibull (segundo Bailey, 1980, pode ser atribuído a Fisher & Tippett, 1928) e Gompertz também são bastante utilizados e populares para modelar crescimento, foram concorrentes em vários casos em Linhares, apresentam boa interpretação biológica e tem se ajustado bem em várias situações (Zeide, 1993; Kiviste et al., 2002), mas geralmente foram selecionados pela ausência de convergência dos modelos de Korf e Hossfeld IV. Ressalta-se ainda que o modelo de Gompertz em vários casos atingiu a assíntota muito precocemente nos plantios em Linhares devendo ser analisado com cautela no caso de plantios silviculturais, mesmo quando for um modelo plausível, para não subestimar o crescimento. Em geral os modelos selecionados podem ser extrapolados com

segurança para obter o diâmetro nas idades de 35 a 45 anos, mas para muitas espécies é necessário cautela para extrapolação além destas idades.

### 3.2 Variação de Crescimento entre Espécies

Considerando apenas as árvores com projeções de crescimento para 35 anos ( $n=29$  espécies, Tabela 3), nota-se uma grande variação na estimativa do diâmetro médio (de 19,5 a 33,4 cm por espécie) e no seu incremento diamétrico (0,56 a 0,96 cm/ano por espécie). Para as espécies de mais rápido crescimento, com diâmetro projetado para 15 ou 25 anos ( $n=6$  espécies, Tabela 3), mesmo sem melhoramento genético, espécies como *Tachigali vulgaris* e *Spondias venulosa* possuem algumas árvores com crescimento em diâmetro semelhante ao eucalipto na mesma idade (DAP médio=35 cm aos 15 anos, Carvalho et al., 2010), perdendo no volume de madeira devido ao grande crescimento em altura do eucalipto.

São vários os fatores que podem ter contribuído para esta variação entre espécies ao longo dos anos de monitoramento dos plantios silviculturais em Linhares. O crescimento das árvores é função direta da disponibilidade de recursos, como luz, água e nutrientes (Binkley et al., 2004), mas estes recursos não foram oferecidos artificialmente para as árvores, as quais cresceram em condições naturais, com exceção de uma adubação inicial, e não serão discutidos aqui. Além de existir uma diferença evolutiva natural entre espécies, o crescimento de árvores em plantios também é afetado por fatores relacionados a diferenças genéticas, aos desbastes, ao ataque de insetos, a infestação por plantas parasitas e ao déficit hídrico em alguns anos, os quais são brevemente discutidos a seguir.

#### 3.2.1 Características Ecológicas das Espécies

As taxas de crescimento das espécies têm relação direta com suas características funcionais (Swaine & Whitmore, 1988; Wilson, 1999; Baker et al., 2003; Adame et al., 2014). Enquanto algumas espécies têm características funcionais que potencializam a aquisição de recursos, promovendo um rápido crescimento, outras espécies apresentam características funcionais que potencializam a sobrevivência e persistência em ambientes onde recursos são escassos. Consequentemente, em plantios em pleno sol, espécies

Tabela 2. Modelos de crescimento em diâmetro (DAP em cm) em função da idade (I em anos), selecionados (K=Korf, H=Hosfeld IV, G=Gompertz, W=Weibull) para cada uma das espécies estudadas e respectivo erro padrão residual (EP).

Espécies		Modelo Selecionado	EP
<i>Amburana cearensis</i>	H	$DAP = 26,11 (1 + 344,74 \exp^{-2,32 \ln(I)})^{-1}$	0,62
<i>Aspidosperma pyricollum</i>	W	$DAP = 53,88 (1 - \exp^{-0,0348 \cdot I^{0,7192}})$	0,34
<i>Astronium concinnum</i>	K	$DAP = 23,66 \exp^{-3,99 I^{-0,8775}}$	0,31
<i>Astronium graveolens</i>	G	$DAP = 39,24 \exp^{-1,81 \cdot \exp(-0,03925 I)}$	1,14
<i>Barnebydendron riedelii</i>	K	$DAP = 47,11 \exp^{-4,20 I^{-0,5434}}$	0,26
<i>Basiloxylon brasiliensis</i>	H	$DAP = 89,77 (1 + 44,28 \exp^{-0,9057 \ln(I)})^{-1}$	0,44
<i>Bowdichia virgilioides</i>	H	$DAP = 83,54 (1 + 42,02 \exp^{-0,8551 \ln(I)})^{-1}$	0,90
<i>Cariniana legalis</i>	K	$DAP = 46,40 \exp^{-11,38 I^{-0,9855}}$	0,30
<i>Centrolobium tomentosum</i>	K	$DAP = 46,43 \exp^{-8,30 I^{-0,7437}}$	0,48
<i>Clarisia racemosa</i>	G	$DAP = 36,23 \exp^{-4,92 \cdot \exp(-0,1038 I)}$	0,92
<i>Copaifera langsdorffii</i>	H	$DAP = 76,46 (1 + 190,22 \exp^{-1,2478 \ln(I)})^{-1}$	0,88
<i>Cordia trichotoma</i>	G	$DAP = 41,27 \exp^{-2,15 \cdot \exp(-0,0484 I)}$	1,59
<i>Dalbergia nigra</i>	K	$DAP = 61,47 \exp^{-3,92 I^{-0,4838}}$	0,20
<i>Goniorrhachis marginata</i>	K	$DAP = 49,36 \exp^{-5,15 I^{-0,5634}}$	0,24
<i>Handroanthus serratifolius</i>	K	$DAP = 49,86 \exp^{-4,66 I^{-0,5405}}$	0,63
<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>stilbocarpa</i>	K	$DAP = 47,67 \exp^{-4,08 I^{-0,5847}}$	0,53
<i>Joannesia princeps</i>	K	$DAP = 44,59 \exp^{-2,32 I^{-0,3574}}$	1,39
<i>Lecythis pisonis</i>	K	$DAP = 60,82 \exp^{-4,774 I^{-0,4848}}$	0,24
<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>parvifolia</i>	K	$DAP = 30,90 \exp^{-4,97 I^{-0,7867}}$	0,52
<i>Manilkara longifolia</i>	K	$DAP = 25,25 \exp^{-9,59 I^{-1,0455}}$	0,81
<i>Moldenhawera papillanthera</i>	H	$DAP = 73,09 (1 + 104,60 \exp^{-1,059 \ln(I)})^{-1}$	0,90
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	H	$DAP = 60,42 (1 + 20,075 \exp^{-0,9038 \ln(I)})^{-1}$	0,34
<i>Pachira endecaphylla</i>	W	$DAP = 29,124 (1 - \exp^{-0,0413 \cdot I^{1,3736}})$	0,56
<i>Paratecoma peroba</i>	K	$DAP = 71,15 \exp^{-3,8343 I^{-0,3558}}$	0,62
<i>Parkia pendula</i>	K	$DAP = 70,98 \exp^{-4,61 I^{-0,5052}}$	0,34
<i>Paubrasilia echinata</i>	K	$DAP = 40,69 \exp^{-6,03 I^{-0,6845}}$	0,68
<i>Pterocarpus rohrii</i>	K	$DAP = 81,48 \exp^{-4,48 I^{-0,4487}}$	0,29
<i>Senegalia polyphylla</i>	K	$DAP = 77,54 \exp^{-3,935 I^{-0,3440}}$	0,16
<i>Simarouba amara</i>	G	$DAP = 43,98 \exp^{-2,34 \cdot \exp(-0,0587 I)}$	0,73
<i>Spondias venulosa</i>	K	$DAP = 82,59 \exp^{-2,97 I^{-0,4292}}$	0,38
<i>Tachigali vulgaris</i>	K	$DAP = 90,41 \exp^{-5,12 I^{-0,5003}}$	0,21
<i>Terminalia mameluco</i>	H	$DAP = 31,74 (1 + 168,87 \exp^{-1,6170 \ln(I)})^{-1}$	1,13
<i>Vatairea heteroptera</i>	K	$DAP = 29,25 \exp^{-5,62 I^{-0,8561}}$	0,37
<i>Vataireopsis araroba</i>	K	$DAP = 48,59 \exp^{-3,54 I^{-0,4858}}$	0,81
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	H	$DAP = 37,62 (1 + 19,90 \exp^{-1,13823 \ln(I)})^{-1}$	0,25

Tabela 3. Lista de espécies estudadas em plantios experimentais de silvicultura em Linhares, em ordem decrescente de incremento médio anual em diâmetro (IMA). O diâmetro (DAP cm), a densidade de árvores e o IMA estão estimados na idade correspondente, em cada modelo selecionado. Todas as espécies iniciam com 1667 árvores por ha, atingindo a densidade citada após desbastes periódicos (para detalhes dos desbastes ver capítulo 5).

Nome Científico	Modelo	Densidade (n/ha)	DAP (cm)	IMA (cm/ano)	Idade (anos)
<i>Spondias venulosa</i> (Engl.) Engl.	Korf	383	32,6	2,18	15
<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	Korf	386	32,5	1,30	25
<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth.	Korf	496	28,7	1,15	25
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl.	Korf	508	28,3	1,13	25
<i>Pachira endecaphylla</i> (Vell.) Carv.-Sobr.	Weibull	513	28,2	1,13	25
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Hosffeld	365	33,4	0,96	35
<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	Korf	375	32,9	0,94	35
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Gompertz	384	32,6	0,93	35
<i>Basiloxylon brasiliensis</i>	Hosffeld	388	32,4	0,93	35
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Gompertz	403	31,8	0,91	35
<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	Korf	438	30,5	0,87	35
<i>Joannesia princeps</i> Vell.	Korf	891	21,4	0,86	25
<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>stilbocarpa</i> (Hayne) Y.T.Lee & Langenh.	Korf	498	28,6	0,82	35
<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	Hosffeld	523	27,9	0,80	35
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Stend.	Gompertz	527	27,8	0,79	35
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	Hosffeld	529	27,8	0,79	35
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Korf	605	25,9	0,74	35
<i>Vataireopsis araroba</i> (Aguiar) Ducke	Korf	607	25,9	0,74	35
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillem. ex Benth.	Korf	615	25,7	0,74	35
<i>Barnebydendron riedelii</i> (Tul.) J.H. Kirkbride	Korf	620	25,6	0,73	35
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl.) S. O. Grose	Korf	642	25,2	0,72	35
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Gompertz	662	24,8	0,71	35
<i>Goniorrhachis marginata</i> Taub.	Korf	672	24,6	0,70	35
<i>Paratecoma peroba</i> (Record & Mell.) Kuhlm.	Korf	701	24,1	0,69	35
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Korf	687	24,4	0,70	35
<i>Paubrasilia echinata</i> (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis	Korf	709	24,0	0,69	35
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	Hosffeld	710	23,9	0,68	35
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Hosffeld	737	23,5	0,67	35
<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>parvifolia</i> Benth.	Korf	783	22,8	0,65	35
<i>Vatairea heteroptera</i> (Allemão) Ducke	Korf	814	22,4	0,64	35
<i>Moldenhawera papillanthera</i> L.P.Queiroz, G.P.Lewis & R.Allkin	Hosffeld	894	21,4	0,61	35
<i>Terminalia mameluco</i> Pickel	Hosffeld	957	20,6	0,59	35
<i>Manilkara longifolia</i> (Mart.) Dubard	Korf	1018	20,0	0,57	35
<i>Astronium concinnum</i> (Engl.) Schott	Korf	1036	19,8	0,57	35
<i>Aspidosperma pyricollum</i> Müll. Arg.	Weibull	1072	19,5	0,56	35

com características funcionais voltadas a aquisição de recursos como *Tachigali vulgaris*, *Parkia pendula* e *Spondias venulosa* exibem estimativas de diâmetro muito superiores às outras espécies, na mesma idade de plantio. Por outro lado, espécies com madeira mais densa e tolerantes à sombra como *Paratecoma peroba*, *Manilkara longifolia*, *Aspidosperma pyricollum* e *Handroanthus serratifolius*, exibem um crescimento relativamente lento (Figura 1).

Na literatura existem exemplos de espécies tolerantes à sombra com altas taxas de crescimento em condições de alta disponibilidade de luz (Condit et al., 1993). No caso de Linhares, o comportamento de *Cariniana legalis* e *Dalbergia nigra* são bons exemplos, pois embora sejam espécies que toleram sombreamento nas fases iniciais de crescimento, estas duas espécies que atingem idades centenárias e compõe o dossel de florestas maduras (Jesus & Rolim, 2005), estão entre as de melhor crescimento diamétrico entre as 35 estudadas.

Por outro lado, também foi observado que algumas espécies tradicionalmente conhecidas por um melhor crescimento em luz direta apresentaram menor taxa de crescimento que espécies tolerantes à sombra. O crescimento de *Pachira endecaphyla* e *Joannesia princeps*, duas espécies que crescem melhor a pleno sol, foi bem abaixo do esperado, com uma tendência de assíntota muito rápida, estabilizando-se ou crescendo

muito lentamente a partir de 15 anos.

### 3.2.2 Influência dos Desbastes

Desbastes são provavelmente a principal atividade de manejo, após o estabelecimento do plantio, o controle de mato-competição e de formigas. Árvores em desvantagem competitiva podem morrer (Peet & Christensen, 1987) ou ficarem dominadas, devido a uma menor disponibilidade de recursos de crescimento pelo efeito da competição com árvores dominantes (Campoe et al., 2013). Por exemplo, o diâmetro médio de um plantio de *Cariniana legalis* sem desbaste aos 22 anos foi igual a 7,9 cm (Veiga & Mariano, 1982), quando poderia ter alcançado cerca de 20 cm com desbastes apropriados.

Árvores em desvantagem competitiva em plantios dificilmente conseguem retomar as taxas de crescimento para acompanhar as árvores dominantes e via de regra os desbastes, em árvores dominadas ou não, são essenciais para manter o crescimento das árvores dominantes, melhorar a estabilidade estrutural do plantio, a forma do fuste e qualidade da madeira das árvores remanescentes, sendo considerado uma prática silvicultural obrigatória em plantios para produção de madeira sólida (Cameron, 2002).

O desbaste disponibiliza mais espaço e luz para crescimento das árvores remanescentes, além

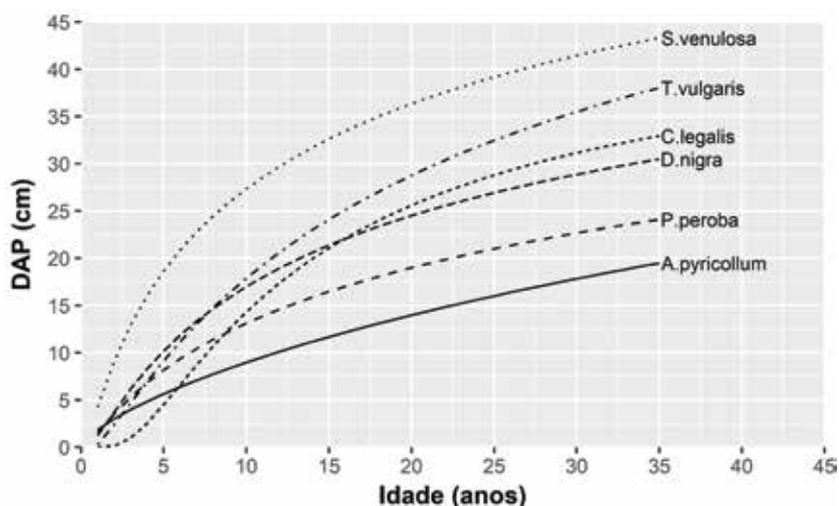


Figura 1. Crescimento em diâmetro de seis espécies arbóreas na Mata Atlântica, em plantios florestais em Linhares (ES).

de diminuir a competição por água e nutrientes, geralmente aumentando a eficiência do crescimento, principalmente em diâmetro, como mostrado por estudos em várias regiões do mundo (Amateis et al., 1989; Tasissa & Burkhart, 1998; Medhurst et al., 2001; Medhurst & Beadle, 2005; Álvarez Gonzáles et al., 2002; Piotto et al., 2003; Blevins et al., 2005; del Rio et al., 2008; Kariuki, 2008; Rytter & Stener, 2014; Nogueira et al., 2015). Porém, em casos onde o desbaste não é aplicado com a frequência necessária ou quando a intensidade do desbaste é muito baixa ou muito alta, as espécies podem não responder positivamente ao desbaste (Piotto et al., 2003).

Em Linhares a ausência de desbastes em algumas espécies certamente intensificou a competição e também diminuiu a entrada de luz nos plantios, afetando as estimativas de crescimento, as quais podem ser consideradas conservadoras para algumas espécies de alto valor madeireiro, como: *Paratecoma peroba*, *Astronium graveolens*, *Manilkara longifolia*, *Paubrasilia echinata* e *Amburana cearensis*. Entretanto, alguns impactos negativos dos desbastes podem ocorrer, principalmente os relacionados à maior exposição das árvores ao vento, que pode causar quebras ou danos (Moore & Maguire, 2005) e também em fases avançadas, quando árvores maiores são removidas, o desbaste pode causar danos nas árvores remanescentes, as quais também devem ser desbastadas se tiverem o tronco severamente afetado pela operação de desbaste.

### 3.2.3 Influência da Luz na Qualidade do Fuste

A disponibilidade de luz não afeta apenas a taxa de crescimento, mas também pode afetar o formato do fuste ou a arquitetura da árvore (Poorter, 1999; Poorter et al., 2006). Uma espécie bifurcada divide a distribuição de recursos entre os fustes ao invés de concentrar o crescimento apenas em um fuste, e para a grande maioria das espécies a produção de madeira serrada exige a formação de fustes retilíneos. Além disso, sabe-se que para muitas espécies fustes mais retilíneos resultam em madeira de melhor qualidade (Allen, 1977; Zobel & Buijtenen, 1989), de modo que obter árvores com fustes retilíneos é o principal objetivo da silvicultura para produção de madeira sólida.

Nos plantios em Linhares, algumas das espécies tolerantes à sombra apresentaram excelente forma do fuste, mesmo plantadas a pleno sol, embora com baixo crescimento em diâmetro, como *Manilkara longifolia*, *Aspidosperma pyricollum* e *Handroanthus serratifolius*. Entretanto, outras como *Paubrasilia echinata*, *Clarisia racemosa*, *Libidibia ferrea* e *Amburana cearensis*, produziram fustes muito irregulares, tortuosos e ou bifurcados. Existe uma variabilidade genética, mesmo que em alguns casos pequena, entre indivíduos da mesma espécie com relação à forma do fuste (Cornélius & Mesén, 1997; Sebbenn et al., 2009; Weber et al., 2009; Araújo et al., 2014), mas a forma do fuste provavelmente depende mais do ambiente que da herdabilidade e o crescimento a pleno sol e livre de competição, para algumas espécies pode, por si só, produzir tortuosidade ou bifurcação.

Uma das espécies mais importantes nos plantios em Linhares, por seu alto valor comercial, é *Dalbergia nigra*. Essa espécie apresenta alta taxa de crescimento nos plantios, mas muita exposição à luz prejudica a formação de um fuste retilíneo e de alta qualidade, enquanto pouca luminosidade diminui sua taxa de crescimento, mas proporciona a formação de fustes mais retilíneos. Considerando ainda que a forma do fuste pode mudar com o tempo durante toda a vida do plantio (Tasissa & Burkhart, 1998), temos uma situação em que controlar a quantidade de luz nos plantios silviculturais, para otimizar o crescimento com a formação de fustes de alta qualidade, é provavelmente um dos principais desafios para a silvicultura de espécies de alto valor comercial nativas da Mata Atlântica, como *Dalbergia nigra* e *Paubrasilia echinata*.

### 3.2.4 Influência de Insetos e Parasitas

Para algumas espécies, como *Centrolobium tomentosum* e *Astronium concinnum* uma causa adicional de estagnação do crescimento em Linhares a partir de 12 ou 15 anos, foi o ataque por um coleóptero cerambicídeo serrador do gênero *Oncideres*, que para efetuar a ovoposição corta galhos novos menos lignificados (“roletamento do galho”) ou causa bifurcação quando ataca o ramo principal de árvores jovens (Carvalho, 2003). Em Linhares existem ao menos 11 espécies de *Oncideres* (Martins et al., 2016), das quais pelo menos cinco são consideradas pragas de espécies florestais: *O. saga*, *O. ulcerosa*, *O. impluviata*,

*O. captiosa* e *O. germarii* (D. S. Martins, com. pessoal). Em geral existe uma associação positiva entre eventos de seca e patógenos potenciais, atuando em sinergia contra a saúde das árvores (Desprez-Loustau et al., 2006), mostrando a importância de pragas e patógenos florestais sobre os plantios silviculturais, principalmente em regiões mais sujeitas a sazonalidade climática.

*Cordia trichotoma* também teve problemas de crescimento nos plantios puros em Linhares. Na literatura é reportado o ataque pelo hemíptero *Dictyla monotropidia* que suga as folhas, que acabam por cair, e o investimento na renovação das mesmas leva a um menor ritmo de crescimento da árvore (Martínez et al., 2012). Também é reportado na literatura que a ocorrência de períodos secos, como o descrito a seguir, pode aumentar as populações de *D. monotropidia*, aumentando as injúrias nas árvores (Martínez et al., 2012). Em Linhares essa espécie não é registrada, mas para *C. trichotoma*, entretanto, a estagnação do crescimento em Linhares foi devido à infestação por uma planta parasita: a popularmente conhecida erva-de-passarinho. Diversas espécies de plantas conhecidas por este nome, principalmente das famílias Viscaceae, Santalaceae e Loranthaceae, se fixam em galhos e troncos das árvores, emitem raízes especiais (haustórios) que penetram a casca e retiram água e nutrientes (Arruda et al., 2012), comprometendo o crescimento da árvore. É visível o alto nível de infestação dessas parasitas sobre a copa de muitas espécies plantadas em Linhares, mas *C. trichotoma* parece ser um dos hospedeiros favoritos. As árvores de *C. trichotoma* sobreviveram sem crescimento significativo em diâmetro por mais de 10 anos após a infestação, mas não resistiram às secas severas dos anos de 2014 a 2016 e a grande maioria das árvores morreu.

Para essas espécies, atacadas por insetos ou ervas parasitas, plantios monoespecíficos (de uma espécie) devem ser evitados (Piotto et al., 2004) e sugere-se o plantio consorciado e em baixa densidade de árvores, ao menos nas regiões mais secas como o norte do Espírito Santo. Com relação aos plantios monoespecíficos, alguns fatores devem ainda ser ressaltados. Embora os plantios experimentais em Linhares sejam monoespecíficos ou consórcios de apenas duas espécies, a área experimental apresenta mais de 100 espécies plantadas, formando um mosaico com grande diversidade de espécies na

paisagem. Esse aspecto pode ter ajudado a diminuir a probabilidade de encontro entre pragas e hospedeiros, pois torna o ambiente mais diversificado, favorecendo o controle natural de pragas e doenças (Nair, 2007).

### 3.2.5 Influência do Déficit Hídrico

O déficit hídrico também pode restringir a fotossíntese e conseqüentemente o crescimento das espécies arbóreas (Eilmann & Rigling, 2012; McDowell et al., 2013; Timofeeva et al., 2017). Embora árvores tenham estratégias adaptativas para sobreviver a períodos secos (Santiago et al., 2015), nos últimos 30 anos a região norte do Espírito Santo vem sofrendo com intensos períodos de El-Niño (Rolim et al., 2005), um evento climático que acarreta secas extremas em várias regiões do planeta (Williamson, et al. 2000; Aiba & Kitayama, 2002). A precipitação média regional é naturalmente baixa, de cerca de 1250 mm e em alguns anos chega a menos de 1000 mm, com vários meses consecutivos de seca (Rolim et al., 2016). Análises anteriores mostraram que na região de Linhares houve alta mortalidade de árvores e perda considerável de biomassa em florestas naturais devido às secas provocadas pelo El-Niño (Rolim et al. 2005) e bem provavelmente as áreas plantadas também tiveram o crescimento afetado pelo fenômeno, não necessariamente causando mortalidade, mas diminuindo o ritmo de crescimento das mesmas. Análises detalhadas ainda precisam ser feitas nesse tópico. Com a colheita das árvores, análises posteriores de anéis de crescimento das espécies ou as correlações das medidas de incremento diamétrico com dados climáticos poderão elucidar melhor o impacto da seca no crescimento das espécies plantadas em Linhares. Ressalta-se que as altas taxas de crescimento obtidas para algumas espécies nas condições do norte do Espírito Santo indicam que a silvicultura em áreas de maior precipitação, ou menor déficit hídrico, provavelmente resultará em desempenhos de produtividade superiores aos aqui relatados.

### 3.2.6 Prioridades de Pesquisa

**Solos:** Embora muitas espécies não sejam exigentes em solos, muitas respondem melhor em solos mais férteis como *Amburana cearensis*, *Cordia trichotoma*, *Myracrodruon urundeuva*, *Zeyheria tuberculosa*, ou com maior teor de argila, como

*Cariniana legalis*, (Silva, 2013). Por exemplo, em Linhares, para *Joannesia princeps*, dados empíricos apontam que o fator principal para o crescimento abaixo do esperado, além da ausência de desbaste, pode ter sido o solo um pouco mais argiloso do que o ideal para a espécie, que cresce melhor em solos arenosos. Assim, entender melhor as características edáficas das áreas de ocorrência natural de cada espécie é importante para ajudar a decidir pelos melhores locais de plantio de cada uma. Esse é um zoneamento complexo, considerando a diversidade de espécies que podem ser de interesse econômico em silvicultura, mas deve ser uma prioridade de pesquisa, ao menos para algumas espécies selecionadas, de maior potencial silvicultural e que já dispõem de dados de crescimento.

**Consórcios:** Ressalta-se também que é provável que os resultados de crescimento para algumas espécies em plantios monoespecíficos aqui apresentados sejam conservadores, pois plantios mistos, onde se arranjam cuidadosamente duas ou mais espécies, apresentam maior taxa de crescimento em diâmetro que plantios monoespecíficos (Piotto et al., 2004; Erskine et al., 2006; Kelty, 2006; Petit & Montagnini, 2006; Redondo-Brenes & Montagnini, 2006; Piotto, 2008). Em plantios mistos, pelo menos uma das espécies também pode colaborar para melhorar a fertilidade dos solos degradados, já que várias espécies de alto valor madeireiro, como *Bowdichia virgilioides* e *Centrolobium tomentosum*, associam-se com *Rhizobium*, fixando nitrogênio (Faria et al., 1984) ou incorporando grande quantidade de serrapilheira e outros nutrientes (Aidar & Joly, 2003). Entender como as espécies podem se beneficiar mutuamente em consórcios é a chave para uma silvicultura com espécies nativas de múltiplas espécies, que pode trazer significativos ganhos na melhoria da conectividade florestal e restaurar paisagens degradadas, conciliando ganhos econômicos com conservação. É provavelmente a mais complexa prioridade de pesquisa em silvicultura, pois envolve estudar diferentes combinações de espécies, com desbastes apropriados para evitar a competição e atingir o nível desejado de luz de cada uma, e principalmente, exige um longo tempo para que se tenha resultados robustos que possam ser difundidos aos produtores interessados.

**Melhoramento Genético:** Não há dúvida que o melhoramento genético pode contribuir para melhorar

os resultados de crescimento encontrados para espécies plantadas sem seleção genética. Existe uma grande variação no crescimento entre diferentes procedências de várias espécies florestais, com alto potencial de ganhos de produtividade (Farias Neto & Castro, 1999; Sebbenn et al., 2000). Em Linhares, houve uma grande variação intraespecífica no crescimento das árvores e uma seleção dos indivíduos superiores seria um importante passo para potencializar os resultados de crescimento das espécies para futuros plantios. Porém, não devemos deixar de ter em mente que uma silvicultura com espécies nativas com o objetivo de diversificar a paisagem e garantir uma maior resiliência dos plantios às mudanças climáticas, deve priorizar povoamentos com bases genéticas diversificadas. Apesar dessa ressalva, pode ser dito que o melhoramento genético é uma área prioritária para pesquisa nos próximos anos.

**Crescimento e Qualidade da Madeira:** A baixa taxa de crescimento em espécies tropicais sempre foi um dos motivos para justificar o plantio de espécies exóticas. O aumento na taxa de crescimento das espécies pode ser conseguido com seleção genética, com melhores práticas de manejo ou com adubação. Porém, é importante considerar que existe uma relação entre as taxas de crescimento e as propriedades da madeira, com resultados controversos na literatura (Zobel & Buijtenen, 1989), com exemplos de espécies que apresentam uma relação negativa entre crescimento e densidade da madeira, outras espécies que a densidade da madeira não é afetada pelas taxas de crescimento e, raramente, casos como da espécie *Swietenia macrophylla*, onde foi observado um pequeno aumento na densidade da madeira com o aumento da taxa de crescimento (Zobel & Buijtenen, 1989; Perera et al., 2012). Os resultados da relação entre crescimento e qualidade da madeira podem ainda ser variáveis em função do clima, do tipo de estrutura da madeira e da classe de densidade da madeira (Zobel & Buijtenen, 1989; Zhang, 1995). Para algumas espécies de densidade de madeira muito alta reduzir a densidade básica da madeira pode até ser desejável, mas para espécies de densidade média pode ser um problema, pois pode mudar as características do produto, o interesse de mercado e o valor econômico da espécie. Para a quase totalidade das espécies tropicais brasileiras de interesse comercial, esse tipo de informação ainda não está disponível, abrindo uma importante linha para futuras pesquisas.

## 4. Referências

- Adame, P.; Brandeis, T.J.; Uriarte, M. 2014. Diameter growth performance of tree functional groups in Puerto Rican secondary tropical forests. *Forest Systems*, 23(1): 52-63.
- Aiba, S.I.; Kitayama, K. 2002. Effects of the 1997–98 El Niño drought on rain forests of Mount Kinabalu, Borneo. *Journal of Tropical Ecology*, 18:215–230.
- Aidar, M.P.M.; Joly, C.A. 2003. Dinâmica da produção e decomposição da serapilheira do araribá (*Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth. - Fabaceae) em uma mata ciliar, Rio Jacaré-Pepira, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica*, 26(2):193-202.
- Allen, P.J. 1977: Genotypic and phenotypic correlations of wood and tree characteristics. In: Variation of growth, stem, quality, and wood properties in relation to genetic improvement of tropical forest trees. IUFRO Workshop, Brisbane.
- Álvarez-González, J.G.; Schröder, J.; Rodríguez Soalleiro, R.; Ruíz González, A.D. 2002. Modelling the effect of thinnings on the diameter distribution of even-aged Maritime Pine stands. *Forest Ecology and Management*, 165:57-65
- Alves, L.F.; Santos, F.A.M. 2002. Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic rain forest, south-east Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 18:245-260.
- Amateis, R.L.; Burkhardt, H.E.; Walsh, T.A. 1989. Diameter increment and survival equations for loblolly pine trees growing in thinned and unthinned plantations on cutover, site prepared lands. *Southern Journal of Applied Forestry*, 13:170-174.
- Araújo, D.; Sebbenn, A.M.; Zanatto, A.C.S.; Zanata, M.; Moraes, E.; Moraes, M.L.T.; Freitas, M.L.M. 2014. Variação genética para caracteres silviculturais em progênies de polinização aberta de *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae). *Cerne*, 20(1):61-68.
- Arruda, R.; Fadini, R.F.; Carvalho, L.N.; Del-Claro, K.; Mourão, F.A.; Jacobi, C.M.; Teodoro, G.S.; van den Berg, E.; Caires, C.S.; Dettke, G.A. 2012. Ecology of neotropical mistletoes: an important canopy-dwelling component of Brazilian ecosystems. *Acta Botanica Brasilica*, 26(2):264-274.
- Baker, T.R.; Swaine, M.D.; Burslem, D.F.R.P. 2003. Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 6: 21-36.
- Bailey, R.L. 1980. The potential of Weibull-type functions as flexible growth curves: discussion. *Canadian Journal of Forest Research*, 10(1):117-118.
- Binkley, D.; Stape, J.L.; Ryan, M.G. 2004. Thinking about efficiency of resource use in forests. *Forest Ecology and Management*, 193:5-16.
- Blevins, D.P.; Prescott, C.E.; Allen, H.L.; Newsome, T.A. 2005. The effects of nutrition and density on growth, foliage biomass, and growth efficiency of high-density fire-origin lodgepole pine in central British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(12):2851-2859.
- Bontemps, J-D.; Duplat, P. 2012. A non-asymptotic sigmoid growth curve for top height growth in forest stands. *Forestry*, 85(3):353-368.
- Breugel, M.; Hall, J.S.; Craven, D.J.; Gregoire, T.G.; Park, A.; Dent, D.H.; Wishnie, M.H.; Mariscal, E.; Deago, J.; Ibarra, D.; Cedeño, N.; Ashton, M.S. 2011. Early growth and survival of 49 tropical tree species across sites differing in soil fertility and rainfall in Panama. *Forest Ecology and Management*, 261:1580-1589.
- Brienen, R.J.W.; Zuidema, P.A. 2006. Blackwell Publishing, Ltd. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. *Journal of Ecology*, 94:481-493.
- Burkhardt, H.E.; Tomé, M. 2012. Modeling Forest Trees and Stands. Springer Dordrecht Heidelberg, New York, 458p.
- Burnham, K.P.; Anderson, D.R. 2002. Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretical Approach. 2d ed. New York: Springer-Verlag, 488p.
- Calvo-Alvarado, J.C., Arias, D., Richter, D.D. 2007. Early growth performance of native and introduced fast growing tree species in wet to sub-humid climates of the Southern region of Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 242:227-235.
- Cameron, A.D. 2002. Importance of early selective thinning in the development of long-term stand stability and improved log quality: a review. *Forestry*, 75(1):25-35.
- Campoe, O.C.; Stape, J.L.; Nouvellon, Y.; Laclau, J-P.; Binkley, D. 2013. Stem production, light absorption and light use efficiency between dominant and non-dominant trees of *Eucalyptus grandis* across a productivity gradient in Brazil. *Forest Ecology and Management*, 288 (15):14-20.
- Carvalho, A.M.; Gonçalves, M.P.M.; Amparado, K.F.; Latorraca, J.V.F. Garcia, R.A. 2010. Correlações da altura e diâmetro com tensões de crescimento em árvores de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*. *Revista Árvore*, 34(2):323-331.
- Carvalho, P.E.R. 2003. Espécies arbóreas brasileiras. v. 1. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 1039p.
- Condit, R.; Hubbel, S.P.; Foster, R.B. 1993. Identifying fast-growing native trees from the neotropics using data from a large, permanent census plot. *Forest Ecology*

- and Management, 62:123-143.
- Cornelius, J.P.; Mesén, J.F. 1997. Provenance and family variation in growth rate, stem straightness, and foliar mineral concentration in *Vochysia guatemalensis*. Canadian Journal of Forest Research, 27: 1103–1109.
- Curtis, R.O. 1967. Height-diameter and height-diameter-age equations for second-growth Douglas Fir. Forest Science, 13:365-375.
- del Rio, M.; Calama, R.; Cañellas, I.; Roig, S.; Monteiro, G. 2008. Thinning intensity and growth response in SW-European Scots pine stands. Annals of Forest Science, 65:308:2-10.
- Desprez-Loustau, M-L.; Marçais, B.; Nageleisen, L-M.; Piou, D.; Vannini, A. 2006. Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. Annals of Forest Science, 63:597-612.
- Donis, J.; Snepsts, G. 2015. Mean diameter growth model for different forest tree species. Mezzinatne, 29:119-135. (em letoniano).
- Eilmann, B.; Rigling, A. 2012. Tree-growth analyses to estimate tree species' drought tolerance. Tree Physiology, 32:178-187.
- Erskine, P.D; Lamb, D.; Bristow, M. 2006. Tree species diversity and ecosystem function: Can tropical multi-species plantations generate greater productivity? Forest Ecology and Management, 233: 205-210.
- Faria, S.M.; Franco, A.A.; Jesus, R.M.; Menandro, M.S.; Baitello, J.B.; Mucci, E.S.F.; Dobereiner, J.; Sprent, J.I. 1984. New nodulating legume trees from south-east Brazil. New Phytologist, 98:317-328.
- Farias Neto, J.T.; Castro, A.W.V. 1999. Avaliação de Progênes de Taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum*) e Estimativas de Parâmetros Genéticos. Acta Amazônica, 29(3), p.423-428.
- Feng-ri, L.; Bao-dong, Z.; Gui-lin, S. 2000. A derivation of the generalized Korf growth equation and its application. Journal of Forestry Research, 11(2):81–88.
- Fichtler, E., Clark, D.A. & Worbes, M. 2003. Age and long-term growth of trees in an old-growth tropical rain forest, based on analyses of tree rings and C-14. Biotropica, 35: 306-317.
- Finger, C.A.G.; Eleotério, J.R.; Berger, R.; Schneider, P.R. 1996. Crescimento diamétrico do pau-ferro (*Astronium balansae*) em reflorestamento no município de São Sepé, RS. Ciência Florestal, 6(1):101-108.
- Goshu, A.T.; Koya, P.R. 2013. Derivation of inflection points of nonlinear regression curves - implications to statistics. American Journal of Theoretical and Applied Statistics, 2(6): 268-272.
- Gourlet-Fleury, S.; Houllier, F. 2000. Modelling diameter increment in a lowland evergreen rain forest in French Guiana. Forest Ecology and Management, 131: 269-289.
- Haggard, J.; Buford Briscoe, C.; Butterfield, R.P. 1998. Native species: a resource for the diversification of forestry production in the lowland humid tropics. Forest Ecology and Management, 106:195-203.
- Hurvich, C.M.; Tsai, C.L. 1989. Regression and time series model selection in small samples. Biometrika, 76:297-307.
- Jesus, R.M.; Rolim, S.G. 2005. Fitossociologia da Mata Atlântica de Tabuleiro. Boletim Técnico SIF, 19:1-149.
- Kariuki, M. 2008. Modelling the impacts of various thinning intensities on tree growth and survival in a mixed species eucalypt forest in central Gippsland, Victoria, Australia. Forest Ecology and Management, 256(12):2007-2017.
- Kariuki, M.; Rolfe, M.; Smith, R.G.B.; Vanclay, J.; Kooyman, R.M. 2006. Diameter growth performance varies with species functional-group and habitat characteristics in subtropical rainforests. Forest Ecology and Management, 225:1-14.
- Kelty, M.J. 2006. The role of species mixtures in plantation forestry. Forest Ecology and Management, 233:195-204.
- Kindermann, G.E. 2016. Evaluation of growth functions for tree height modelling. Austrian Journal of Forest Science, 4:353-376.
- Kiviste, A.; Gonzáles, J.G.; Alboreca, A.R.; González, A.D.R. 2002. Funciones decrecimiento de aplicación en el ámbito forestal. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. 190p.
- Kuzelka, K.; Marusák, R. 2015. KORFit: An efficient growth function fitting tool. Computers and Electronics in Agriculture, 116:187–190.
- Lundqvist, B. 1957. On the height growth in cultivated stands of pine and spruce in northern Sweden. Medd. Fran Statens Skogforsk., 47(2):1-64.
- Martínez, H.E.; Ospina, C.M.; Montoya, E.C.; Constantino, L.M.; Machado, P.B. 2012 Aspectos biológicos de *Dictyla monotropidia* (Hemiptera: Tingidae), en nogal cafeteiro *Cordia alliodora* (Boraginaceae). Revista Colombiana de Entomología, 38(2):306-313.
- Martins, D.; Ferreira, P.S.F.; Fornazier, M.J.; Santos, J.S. 2016. Coleópteros e hemípteros da Reserva Natural Vale. In: Rolim, S.G.; Menezes, L.F.T. & Srbek-Araujo, A.C. Floresta Atlântica de Tabuleiro: Diversidade e Endemismos na Reserva Natural Vale. Editora Rona, Belo Horizonte. Pp. 341-363.
- Martins, F.B.; Soares, C.P.B.; Silva, G.F. 2014. Individual tree growth models for eucalyptus in northern Brazil. Scientia Agricola, 71(3):212-225.
- McDowell, N.G.; Ryan, M.G.; Zeppel, M.J.B.; Tissue, D.T. 2013. Improving our knowledge of drought-induced

- forest mortality through experiments, observations, and modeling. *New Phytologist*, 200(2):289-293.
- Medhurst, J.L.; Beadle, C.L. 2005. Photosynthetic capacity and foliar nitrogen distribution in *Eucalyptus nitens* is altered by high-intensity thinning. *Tree Physiology*, 25(8):981-991.
- Medhurst, L.; Beadle, C.L.; Neilsen, W. 2001. A. Early-age and later-age thinning affects growth, dominance, and intraspecific competition in *Eucalyptus nitens* plantations. *Canadian Journal of Forest Research*, 31(2):187-197.
- Moore, J.R.; Maguire, D.A. 2005. Natural sway frequencies and damping ratios of trees: influence of crown structure. *Trees*, 19:363-373.
- Nair, K.S.S. Tropical forest insect pests: ecology, impact and management. New York: Cambridge University, 2007. 404p.
- Nelder, J.A. 1991. Generalized linear models for enzyme-kinetic data. *Biometrics*, 47:1605-1615.
- Ngugi, M.R.; Mason, E.G.; Whyte, G.D. 2000. New growth models for *Cupressus lusitanica* and *Pinus patula* in Kenya. *Journal of Tropical Forest Science*, 12(3):524-541.
- Nogueira, G.S.; Marshall, P.L.; Leite, H.G.; Campos, J.C.C. 2015. Thinning Intensity and Pruning Impacts on Eucalyptus Plantations in Brazil. *International Journal of Forestry Research* 2015:1-10.
- Orellana, E.; Figueiredo Filho, A.; Péllico Netto, S.; Vanclay, J.K. 2016. Predicting the dynamics of a native *Araucaria* forest using a distance-independent individual tree-growth model. *Forest Ecosystems*, 3:12.
- Panik, M.J. 2014. Growth curve modeling: theory and applications. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 437p.
- Parresol, B.R.; Devall, M.S. 2013. Patterns of diametric growth in stem-analyzed laurel trees (*Cordia alliodora*) in a Panamanian forest. *The Southwestern Naturalist*, 58(2): 170-178.
- Peet, R.K.; Christensen, N.L. 1987. Competition and tree death. *Bioscience*, 37(8):586-595.
- Perera, P.K.P.; Amarasekera, H.S.; Weerawardena, N.D.R. 2012. Effect of Growth Rate on Wood Specific Gravity of Three Alternative Timber Species in Sri Lanka; *Swietenia macrophylla*, *Khaya senegalensis* and *Paulownia fortunei*. *Journal of Tropical Forestry and Environment*, 2(1):26-35.
- Petit, B.; Montagnini, F. 2006. Growth in pure and mixed plantations of tree species used in reforesting rural areas of the humid region of Costa Rica, Central America. *Forest Ecology and Management*, 233:338-343.
- Petrás, R.; Bošefa, M.; Mecko, J.; Oszlányi, J.; Popa, I. 2014; Height-diameter models for mixed-species forests consisting of spruce, fir, and beech. *Folia Forestalia Polonica, series A*, 56(2):93-104.
- Pinheiro, J.; Bates, D.; DebRoy, S.; Sarkar, D.; R Core Team (2018). nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-131.1.
- Pinheiro, J.C.; Bates, D.M. 2000. Mixed-effects models in S and S-Plus. New York: Springer, 528p.
- Piotto, D. 2008. A meta-analysis comparing tree growth in monocultures and mixed plantations. *Forest Ecology and Management*, 255:781-786.
- Piotto, D.; Montagnini, F.; Ugalde, L.; Kanninen, M. 2003. Growth and effects of thinning of mixed and pure plantations with native trees in humid tropical Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 177:427-439.
- Piotto, D.; Viquez, E.; Montagnini, F.; Kanninen, M. 2004. Pure and mixed forest plantations with native species of the dry tropics of Costa Rica: a comparison of growth and productivity. *Forest Ecology and Management*, 190:359-372.
- Poorter, L. 1999. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. *Functional Ecology*, 13:396-410.
- Poorter, L.; Bongers, L.; Bongers, F. 2006. Architecture of 54 moist-forest tree species: traits, trade-offs, and functional groups. *Ecology*, 87(5): 1289-1301.
- Pretzsch, H. 2009. Forest Dynamics, Growth and Yield: From Measurement to Model. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 664p.
- R Development Core Team 2018. R: A Language and environment for statistical computing. Vienna, R Foundation for Statistical Computing. Available at: <http://www.R-project.org>.
- Redondo-Brenes, A.; Montagnini, F. 2006. Growth, productivity, aboveground biomass, and carbon sequestration of pure and mixed native tree plantations in the Caribbean lowlands of Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 232:168-178.
- Ribeiro, A.; Ferraz Filho, A.C.; Tomé, M.; Scolforo, J.R.S. 2016. Site quality curves for african mahogany plantations in Brazil. *Cerne*, 22(4):439-448.
- Rolim, S.G.; Ivanauskas, N.M.; Engel, V.L. 2016. As florestas de tabuleiro do norte do Espírito Santo são ombrófilas ou estacionais? In: Rolim, S.G.; Menezes, L.F.T.; Srbek-Araujo, A.C. Floresta Atlântica de Tabuleiro: Diversidade e Endemismos na Reserva Natural Vale. Editora Rupestre, Belo Horizonte. Pp. 47-60.
- Rolim, S.G.; Jesus, R.M.; Nascimento, H.E.M.; Couto, H.T.Z.; Chambers, J.Q. 2005. Biomass change in an Atlantic tropical moist forest: the ENSO effect

- in permanent sample plots over a 22-year period. *Oecologia*, 142: 238-246.
- Russo, S.E.; Davies, S.J.; King, D.A.; Tan, S. 2005. Soil-related performance variation and distributions of tree species in a Bornean rain forest. *Journal of Ecology*, 93:879-889.
- Rytter, L.; Stener, L.G. 2014. Growth and thinning effects during a rotation period of hybrid aspen in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29: 747-756.
- Santiago, L.S.; Bonal, D.; De Guzman, M.E.; Ávila-Lovera, E. 2016. Drought Survival Strategies of Tropical Trees. In: Goldstein G., Santiago L. (eds) *Tropical Tree Physiology*. *Tree Physiology*, vol 6. Springer, Cham.
- Santos, A.T.; Mattos, P.V.; Braz, E.M.; Rosot, N.C. 2015. Determinação da época de desbaste pela análise dendrocronológica e morfométrica de *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso em povoamento não manejado. *Ciência Florestal*, 25(3):699-709.
- Sebbenn, A.M.; Freitas, M.L.M.; Zanatto, A.C.S.; Morais, E.; Moraes, M.A. 2009. Comportamento da variação genética entre e dentro de procedências e progênies de *Gallesia integrifolia* Vell. Moq. para caracteres quantitativos. *Revista do Instituto Florestal*, 21(2):151-163.
- Sebbenn, A.M.; Siqueira, A.C.M.F.; Gurgel Garrido, L.M.A.; Angerami, E.M.R.A. 2000. Variabilidade genética e interação genótipo x locais em jequitibá-rosa - *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze. *Revista do Instituto Florestal*, 12(1):13-23.
- Sheil, D.; Salim, A.; Chave, J.; Vanclay, J.; Hawthorne, W.D. 2006. Illumination-size relationships of 109 coexisting tropical forest tree species. *Journal of Ecology*, 94:494-507.
- Silva, C.C. 2013. Potencial de espécies nativas para a produção de madeira serrada em plantios de restauração florestal. *Dissertação Mestrado Esalq/USP, Piracicaba*, 99p.
- Swaine, M.D. 1996. Rainfall and soil fertility as factors limiting forest species distributions in Ghana. *Journal of Ecology*, 84:419-428.
- Swaine, M.D.; Whitmore, T.C. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio*, 75:81-86.
- Tasissa G.; Burkhardt, H.E. 1998. An application of mixed effects analysis to modeling thinning effects on stem profile of loblolly pine. *Forest Ecology and Management*, 103:87-101.
- Timofeeva, G.; Treydte, K.; Bugmann, H.; Rigling, A.; Schaub, M.; Siegwolf, R.; Saurer, M. 2017. Long-Term Effects of Drought on Tree-Ring Growth and Carbon Isotope Variability in Scots Pine in a Dry Environment. *Tree Physiology*, 37(8):1028-1041.
- Tonini, H.; Oliveira Jr., M.M.C.; Schwengber, D. 2008. Crescimento de espécies nativas da Amazônia submetidas ao plantio no estado de Roraima. *Ciência Florestal*, 2(18):151-158.
- Vargas-Larreta, B.; Aguirre-Calderón, O.A.; Corral-Rivas, J. Crecente-Campo, F.; Diéguez-Aranda, U. 2013. A dominant height growth and site index model for *Pinus pseudostrobus* Lindl. in northeastern Mexico. *Agrociencia*, 47:91-106.
- Veiga, A.A.; Mariano, G. 1982. Coleta dendrométrica em povoamento não manejado de jequitibá-vermelho - *Cariniana legalis* Mart. *Silvicultura em São Paulo*, São Paulo, 16A(2):1124-1131.
- Way, D.A.; Oren, R. 2010. Differential responses to changes in growth temperature between trees from different functional groups and biomes: a review and synthesis of data. *Tree Physiology*, 30:669-688
- Weber, J.C.; Montes, C.S.; Ugarte, J.; Simons, T. 2009. Phenotypic selection of *Calycophyllum spruceanum* on farms in the Peruvian amazon: evaluating a low-intensity selection strategy. *Silvae Genetica*, 58(4):172-179.
- Weymouth, F.W.; McMillin, H.C.; Rich, W.H. 1931. Latitude and Relative Growth in the Razor Clam, *Siliqua patula*. *Journal of Experimental Biology*, 8:228-249.
- Williamson, G.B.; Laurance, W.F.; Oliveira, A.A.; Delamonica, P.; Gascon, C.; Lovejoy, T.E.; Pohl, L. 2000. Amazonian tree mortality during the 1997 El Niño drought. *Conservation Biology*, 14:1538-1542.
- Wilson, J.B. 1999. Guilds, functional types and ecological groups. *Oikos*, 86:507-522.
- Woollons, R.C.; Whyte, A.G.D.; Xu, L. 1990. The Hossfeld function: an alternative model for depicting stand growth and yield. *Japanese Journal of Forest Planning*, 15:25-35.
- Worbes, M. 1999. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. *Journal of Ecology*, 87:391-403.
- Zarnovican, R. 1979. Fonction de la Croissance de Korf. *The Forestry Chronicle*, 55(5):194-197.
- Zeide, B. 1993. Analysis of growth equations. *Forest Science*, 39(3):594-616.
- Zhang, S.Y. 1995. Effect of growth rate on wood specific and selected mechanical properties in species from distinct wood categories. *Wood Science and Technology*, 29:451-465.
- Zobel, B.J.; van Buijtenen, J.P. 1989. *Wood variation: it's causes and control*. Berlin: Springer Verlag, 363p.

# 4. AVALIAÇÕES DE QUALIDADE DA MADEIRA EM ESPÉCIES NATIVAS DE PLANTIOS FLORESTAIS

ALEXANDRE MONTEIRO DE CARVALHO, JOÃO VICENTE DE FIGUEIREDO LATORRACA, CLAUDIA DE AZEVEDO REIS, CARLOS EDUARDO SILVEIRA DA SILVA, PAULO CESAR LEAL DE CARVALHO, NORMA DA SILVA ROCHA MACIEL, JOSÉ HENRIQUE CAMARGO PACE, JONNYS PAZ CASTRO, GLAYCIANNE CHRISTINE VIEIRA DOS SANTOS, JONACIR DE SOUZA, GEOVANE SOUZA SIQUEIRA, MÁRCIO ELIAS SANTOS FERREIRA, ERNESTO SEIJI SAKAI

## 1. Introdução

A avaliação da qualidade da madeira fundamenta a caracterização de uma espécie florestal em relação às suas propriedades tecnológicas (físicas, mecânicas, anatômicas, químicas e energéticas) que estão intrinsecamente relacionadas ao uso e comportamento da madeira como matéria prima para diversos produtos ou bens de consumo.

São inúmeros os usos e possibilidades para o emprego da madeira como matéria prima. Dentre eles podem se destacar: construção civil, movelaria, pisos, esquadrias, celulose e papel, siderurgia, carvão vegetal para consumo doméstico ou industrial, indústria automobilística (carrocerias de caminhões e outros), embalagens, postes, mourões, utensílios domésticos, lápis, calçados, artesanatos e outros mais. Para cada produto existirá uma ou mais espécies madeireiras apropriadas definidas por sua qualidade tecnológica.

Variações nas propriedades da madeira ocorrem devido às diferenças existentes entre as árvores, entre espécies florestais, e aquelas decorrentes de aspectos relacionados ao sítio onde a árvore se desenvolveu, como o regime pluviométrico, ventos, incidência de luz, declividade, fertilidade e a composição física e química do solo.

A indústria de celulose e papel se desenvolveu enormemente em termos tecnológicos, a partir do momento em que se buscou conhecer profundamente todas as variáveis vinculadas à qualidade da polpa de celulose. Assim, o desenvolvimento de uma silvicultura de espécies nativas está intrinsecamente relacionado ao conhecimento das características da madeira. Uma

série de espécies nativas brasileiras já foi estudada em termos de características tecnológicas da madeira, com informações disponíveis principalmente nas publicações do LPF Ibama (Souza et al., 1997) e do IPT (Mainiere & Chimelo, 1989). Mas a caracterização dessas espécies foi feita a partir de árvores colhidas em suas áreas naturais de ocorrência, apresentando idades que podem chegar a mais de 100 anos na época de corte (Fichtler et al., 2003; Andrade, 2015), não sendo possível afirmar que as características da madeira seriam as mesmas caso a espécie fosse plantada e colhida com idades que variam entre 20 e 40 anos.

De forma geral a qualidade da madeira de árvores mais jovens é diferente daquela de árvores mais velhas, e a mesma espécie pode apresentar uso diferente em função da idade em que a madeira é colhida. Isso já foi demonstrado para diversas espécies de zonas temperadas e tropicais (Zobel & Buijtenen, 1989; Bao et al., 2001; Pelozzi et al., 2012; Pollet et al., 2017), mas muito pouco é conhecido para espécies da Mata Atlântica brasileira (para algumas exceções veja Marques et al., 2012; Longui et al., 2017). Entender essas propriedades da madeira em espécies plantadas é fundamental para recomendar o tipo de uso e definir preços de mercado das espécies plantadas.

Dessa maneira, em paralelo aos estudos de crescimento das espécies nativas nos experimentos florestais implantados na Reserva Natural Vale (Rolim et al., 2018a; Rolim et al., 2018b), foram estudadas as propriedades físicas e mecânicas da madeira, incluindo também a caracterização anatômica, a avaliação da trabalhabilidade em processos de usinagem e a indicação de potencial de uso. A metodologia

apresentada neste capítulo deu suporte à elaboração do Capítulo 5 desta publicação.

## 2. Amostragem, seleção das árvores e desdobro primário

A avaliação da qualidade da madeira das espécies nativas da Mata Atlântica teve início neste trabalho com a seleção de árvores de 29 espécies, plantadas em experimentos silviculturais na Reserva Natural Vale. Embora os estudos de crescimento tenham abordado 35 espécies, para os estudos de tecnologia da madeira 6 espécies não puderam ser abatidas por não possuírem autorizações legais, e devem ser objeto de estudo em publicações futuras.



Figura 1. Abate de árvores selecionadas para estudos tecnológicos, em florestas plantadas na Reserva Natural Vale, Linhares (ES).

Foram selecionadas três árvores por espécie, com base em seu estado fitossanitário, das quais se extraíram duas toras com dois metros de comprimento a partir da base fuste (Figura 1). As toras foram levadas ao desdobro

primário na serraria do Instituto de Florestas da UFRRJ, em serra de fita vertical (Figura 2) para obtenção de tábuas com 3 cm de espessura e uma prancha diametral central de 6 cm de espessura. As tábuas foram destinadas para os ensaios de trabalhabilidade e as pranchas diametraais para a produção dos corpos de prova dos ensaios físicos, mecânicos e caracterização anatômica macroscópica.

As peças de madeira obtidas no desdobro primário passaram por um período de secagem ao ar livre até o teor de umidade de equilíbrio com o ambiente, que se assemelha, em muitos casos, com a condição de umidade em que o produto de madeira será utilizado.



Figura 2. Operação de desdobro primário das toras em serra de fita vertical, com volantes de 1,20m de diâmetro e alimentação/avanço feita por carrinho alimentador semi-automatizado.

## 3. Caracterização anatômica

O conhecimento da anatomia da madeira tem enorme importância na determinação da qualidade da madeira. Seja para qual for a utilização pretendida, o detalhamento da estrutura anatômica da madeira poderá explicar, em grande parte, as propriedades e comportamento tecnológico da madeira.

No desenvolvimento tecnológico da polpa industrial de celulose, a estrutura anatômica, bem como a química da madeira das espécies de *Eucalyptus* e *Pinus* foram profundamente estudadas para a definição dos melhores materiais genéticos. Da mesma forma, também para os produtos de madeira sólida, o comportamento tecnológico pode ser explicado através de sua composição anatômica. Variáveis envolvidas nos processos de secagem, corte, acabamento,

revestimento e também a relação da madeira com outros materiais podem ser facilitados ou dificultados em função de diferentes constituições anatômicas da madeira.

A resistência mecânica e as propriedades físicas da madeira possuem correlação direta com sua estrutura anatômica. Assim, características como massa e densidade de uma determinada amostra serão maiores, quanto mais adensados estiverem os elementos anatômicos.

Em espécies nativas o que ocorre é que um número muito menor de estudos relacionados à utilização madeireira foram desenvolvidos e, conseqüentemente, a avaliação anatômica com o objetivo de correlacionar e discutir usos e geração de produtos foi também muito pouco estudada até os dias de hoje.

A caracterização anatômica da madeira neste trabalho foi realizada por meio de análises macroscópicas (aumento de 10x) dos três planos de cortes da madeira (transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial). Além disso, foi realizada uma descrição geral das características organolépticas da madeira. Amostras da madeira de todas as espécies foram tombadas na Xiloteca do Departamento de Produtos Florestais – FPDw, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

#### 4. Caracterização físico-mecânica

Após o desdobro primário, a porção central das toras (prancha diametral), produzida com seis centímetros de espessura, foi utilizada na produção de corpos-de-prova para a caracterização física e mecânica das madeiras.

A metodologia empregada se baseou na norma ABNT 7190:1997 – Projeto de Estruturas de Madeira, que em seu Anexo B apresenta a metodologia de ensaios que avaliam as principais propriedades físicas da madeira e caracterizam as resistências a diversos esforços mecânicos, entre eles a flexão, compressão e o cisalhamento.

A caracterização físico mecânica das amostras possibilita que sejam previstas ou indicadas utilizações da madeira relacionadas ao esforço ao longo de seu “trabalho” ou no momento de sua solicitação, seja

por uma carga a ser suportada, a atritos por contato de pisoteamento ou uso de ferramentas, ou ainda a situações de desgaste pelo contato da madeira com outros tipos de materiais, sendo que os usos podem ser a céu aberto, onde a incidência de umidade e insolação serão constantes, ou em ambientes protegidos/fechados onde a umidade e temperatura serão menos variáveis.

Assim, uma a uma, as espécies avaliadas neste estudo forneceram as pequenas peças para as principais avaliações físico-mecânicas, sendo produzidos um total de seis repetições para cada ensaio, por árvores amostrada, sendo amostradas três árvores por espécie, tomando-se o cuidado de levar todas as amostras a condições de umidade de equilíbrio com o ambiente, a partir de secagem das peças ao ar, em ambiente coberto, até atingirem umidade próxima a 12%. As amostras foram seccionadas a partir da primeira tora do fuste, que foi seccionado a uma distância de 20 cm da base da árvore até 2,20 m de altura.

Ao longo da caracterização físico mecânica, conduzida nos laboratórios do Departamento de Produtos Florestais, do Instituto de Florestas, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (Figura 3), foram verificadas e avaliadas as propriedades e variáveis físicas: densidade aparente (amostra seca ao ar), densidade básica, variação volumétrica (contração) e coeficiente de anisotropia; e as propriedades mecânicas: módulo de ruptura na flexão estática, resistência máxima ao cisalhamento, resistência máxima à compressão paralela às fibras e dureza Janka (nos sentidos perpendicular e paralelo à disposição das fibras).

A caracterização da densidade da madeira tem sido utilizada há várias décadas como uma das principais variáveis de qualidade da madeira. A relação entre massa e volume de uma amostra ou peça de madeira é influenciada diretamente pela quantidade de água que ela apresenta, portanto, na determinação desta relação torna-se de extrema importância a consideração do fator umidade em seu cálculo.

Para determinação da densidade aparente de uma amostra de madeira, a norma ABNT 7190:1997 estabelece que a umidade deve ser de 12% base seca (massa de água da amostra sobre seu peso seco), sendo esse um valor médio de umidade de trabalho

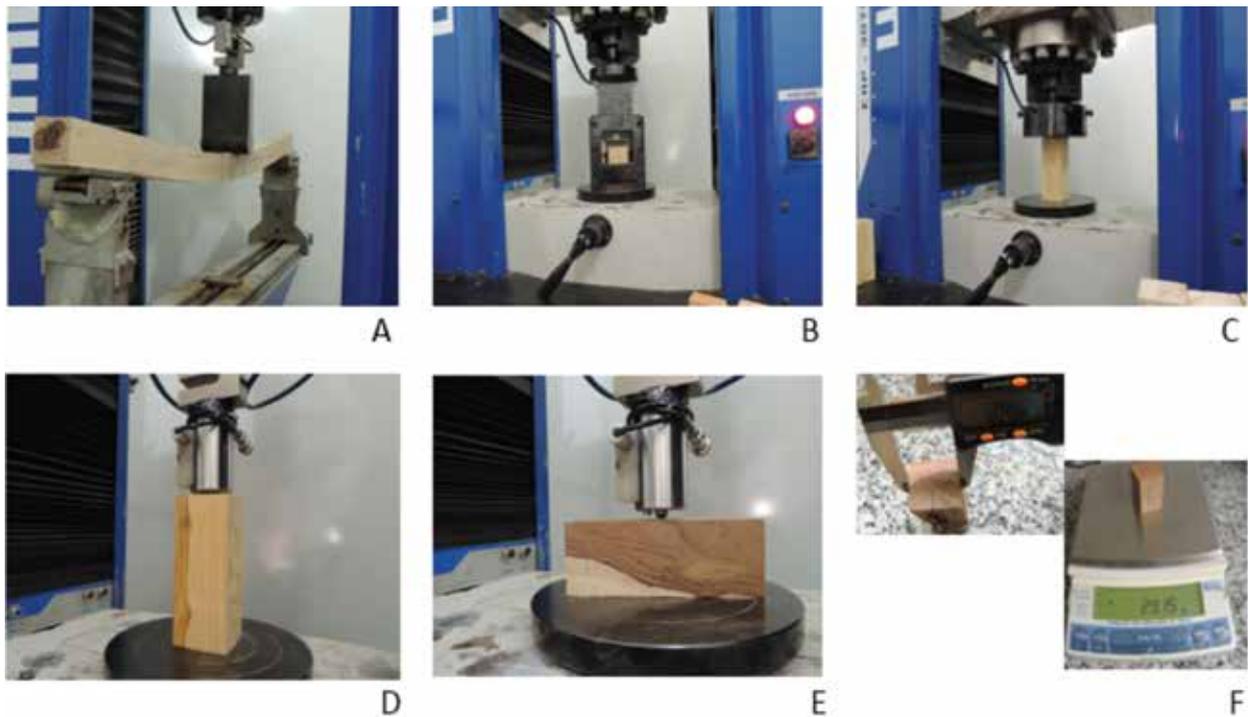


Figura 3. Caracterização física e mecânica das amostras e corpos-de-prova produzidos: A) Detalhe do ensaio de flexão estática. B) Detalhe do ensaio de cisalhamento. C) Detalhe do ensaio de compressão paralela às fibras. D) Detalhe do ensaio de dureza Janka Paralela. E) Detalhe do ensaio de dureza Janka Perpendicular. F) Detalhe da avaliação de propriedades físicas da madeira. Fonte: registro fotográfico equipe Laboratório de Processamento de Madeira (LPM – Departamento de Produtos Florestais, Instituto de Florestas/UFRRJ).

da madeira em condições climáticas nacionais. Já a densidade básica consiste na determinação da relação entre a massa seca da amostra sobre seu volume saturado em água, ou seja, esta determinação é feita com a amostra, ou corpo de prova, em seu menor peso (peso absolutamente seco) relacionado com seu maior volume (condição de saturação em água).

As variáveis “variação volumétrica” e “coeficiente de anisotropia” são indicadores do comportamento da madeira em relação ao ganho e perda de água que a madeira apresenta quando a umidade do ar se eleva e diminui, e também quando a madeira tem contato direto com a água de forma eventual (chuva por exemplo) e, a seguir, passa por sucessivas “secagens” (períodos sem chuva ou secos). Essas variáveis também podem ser entendidas como características relacionadas à estabilidade da madeira, ou seja, se uma determinada espécie irá gerar madeira de maior ou menor estabilidade dimensional, que por sua vez se relaciona a

empenamentos, rachaduras, trincamentos e deformações da madeira, quando em uso.

Portanto, a variação volumétrica de uma amostra de madeira foi determinada pela sua contração máxima, ou seja, a partir da diferença entre a dimensão da amostra saturada e a dimensão absolutamente seca, de forma porcentual.

A determinação da razão entre as retrações tangencial e radial do corpo de prova, conhecida como coeficiente de anisotropia (Figura 4), é um importante índice no estudo das retrações, uma vez que quanto mais elevado, maior a probabilidade de formação de fendas (rachaduras) e empenamentos na madeira (Oliveira, 1988). Relacionando a anisotropia da madeira com as possibilidades de avaliação ainda na fase silvicultural de produção da madeira, Oliveira et al. (1997) comentam que o conhecimento da instabilidade dimensional nas fibras das espécies é uma importante característica em programas de melhoramento genético.

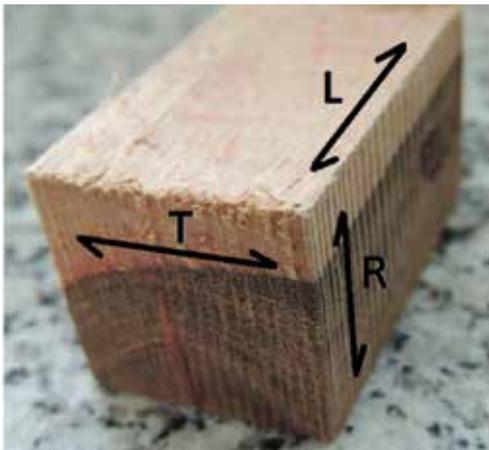


Figura 4. Ilustração de um corpo-de-prova com as indicações das direções longitudinal (L); tangencial (T) e radial (R). Fonte: registro fotográfico equipe Laboratório de Processamento da Madeira (LPM – Departamento de Produtos Florestais, Instituto de Florestas/UFRRJ).

Assim, temos a referência de que coeficientes de anisotropia menores que 1,5 indicam madeiras muito estáveis, de excelente qualidade, indicadas para móveis finos, esquadrias, instrumentos; valores entre 1,6 e 2,0 representam madeiras de baixa a média anisotropia, de qualidade normal, indicadas para usos que aceitam pequenos empenamentos, estantes, armários, mesas; resultados acima de 2,0 indicam média a alta anisotropia, madeira de baixa qualidade e indicadas para usos menos nobres, principalmente na construção civil (Nock et al., 1975).

## 5. Ensaios de usinagem e trabalhabilidade

A avaliação de processos de usinagem de madeiras, de trabalhabilidade e de operações relacionadas ao acabamento superficial das peças nem sempre tem sido considerada nos estudos de qualidade da madeira. A verificação do comportamento de uma espécie ao ser trabalhada por uma máquina ou equipamento pode trazer ainda mais informações sobre a adequação de um determinado material genético a uma utilização ou produto específico. Cada finalidade específica irá demandar determinados tipos de madeira e essa melhor ou pior adaptação ao trabalho a ser exercido pelo produto irá depender, muitas vezes, não só das propriedades intrínsecas do material, mas também da caracterização de seu comportamento ao longo do processamento, principalmente, nas operações que

terão como objetivos principais a padronização de lotes de peças de madeira e a melhoria de aspectos visuais e também relacionados ao seu uso, sendo este aparente ou revestido.

Para a avaliação das variáveis e aspectos citados acima foram produzidos corpos-de-prova submetidos a uma avaliação rigorosa através das operações de aplainamento, lixamento, rasgo lateral, furações passantes por brocas helicoidais (furações para cavilha), furações passantes e não-passantes com brocas chatas (furações para dobradiça), e inserção de pregos. Os procedimentos adotados nos testes foram conduzidos segundo a norma da ASTM – *American Society for Testing and Materials*, ASTM 1666 D-1666-87 *Standard method for conducting machining tests of wood and wood base materials*, que foi adaptada pelo Laboratório de Produtos Florestais do Ibama – LPF (Ibama, 1997).

A partir das tábuas produzidas no desdobro primário das toras amostradas de cada espécie avaliada, foram obtidos corpos-de-prova com as dimensões de 30 cm de comprimento, 12 cm de largura e 2,54 cm de espessura, que foram posteriormente estabilizados na umidade de equilíbrio e ensaiados conforme ilustrado na Figura 5.

A avaliação dos resultados para os ensaios de usinagem e trabalhabilidade foi realizada de forma visual, seguindo os critérios adotados pela ASTM 1666 D-1666-87 que determina a atribuição de notas de 1 a 5, que podem ser traduzidas em avaliações de comportamentos *Muito Ruim*, *Ruim*, *Regular*, *Bom* e *Excelente* para os ensaios de aplainamento, furações passantes com brocas helicoidais de 6 mm, 8 mm e 10 mm, furação passante e não passante com broca chata de 2,54 cm, lixamento e rasgo lateral. Para a avaliação do teste de inserção de pregos é atribuída uma nota porcentual para a aceitação ou não aceitação de acordo com o número de operações que geraram trincas e/ou rachaduras e arrancamentos de fibras severos na amostra ou corpo-de-prova.

Os defeitos decorrentes das operações de usinagem podem se relacionar ao tipo e qualidade do maquinário, a adequação do equipamento a característica da espécie trabalhada e ainda a aspectos diretamente relacionados a composição anatômica e propriedades físicas da madeira. Baseado em operações padronizadas, onde as máquinas são montadas com variáveis fixas, como



Figura 5. Detalhes da confecção dos corpos-de-prova e dos ensaios de usinagem e trabalhabilidade da madeira.

velocidades de corte e avanço, ângulos de facas, grão da lixa e características das fresas e brocas, os testes de usinagem e trabalhabilidade visam gerar resultados através dos quais possam ser verificadas a facilidade do processamento da madeira, a necessidade de utilização de equipamentos especiais e/ou projetados em função da composição da espécie e ainda a adequação da madeira a uma utilização específica ou destino para determinado segmento, incluindo seu processamento e uso final.

## 6. Indicação do potencial de uso

Dependendo do uso pretendido podemos classificar a madeira como adequada ou não, como boa ou ruim, ou ainda indicar procedimentos ao longo de seu processamento e/ou utilização que acarretarão no sucesso ou fracasso do desempenho da madeira. Assim, a qualidade final de um determinado tipo de madeira ou de uma espécie específica poderá ser definida com precisão somente se relacionarmos suas características e propriedades ao uso pretendido para ela. A partir de uma avaliação tecnológica mais aprofundada e de posse dos resultados de testes de propriedades da madeira e também de ensaios conduzidos no seu processamento, podemos prever com maior segurança para quais utilizações cada espécie poderá ser melhor empregada.

Segundo Silva et al. (1996) os principais defeitos no processo de usinagem da madeira estão ligados a quatro fontes básicas. Primeiramente, tem-se as variações das propriedades da madeira, seguidas das características de funcionamento das máquinas e das ferramentas de corte e por último o treinamento da mão-de-obra. O autor cita o trabalho de Bet (1999) que descreve que todos esses parâmetros fornecem uma ferramenta muito útil para o controle de qualidade do processo de fabricação e que, após as operações de usinagem, é executada sua qualificação para posterior determinação do uso.

O presente estudo procurou, com um grande nível de detalhamento e cuidado, relacionar os resultados obtidos na amostragem de 29 espécies nativas plantadas, com indicações de uso adequadas às propriedades e características observadas. Destaca-se que muitas dessas espécies estão sendo pela primeira vez avaliadas com esse objetivo e outras, por sua vez, já possuem tradição no mercado madeireiro, porém nunca tiveram amostras de árvores plantadas avaliadas, somente de árvores mais velhas ou maduras oriundas de florestas naturais.

Para cada espécie foram indicadas possíveis utilizações através da citação de diversos segmentos consumidores de madeira: movelaria, pisos,

esquadrias, construção civil, artefatos e utensílios, embalagens, caixotaria, pallets, cabos de ferramentas e outros pequenos objetos de madeira. Em parte das espécies avaliadas também foram sugeridos cuidados e/ou adaptações em seu processamento, usinagem e acabamento, pois mediante o emprego de técnicas e materiais diferente do padronizado pelos ensaios, a madeira pode apresentar um resultado bastante melhorado.

## 7. Ficha das características, propriedades e usos da madeira

Como resultados das avaliações da qualidade da madeira das 29 espécies nativas da Mata Atlântica, conduzidas em plantios florestais, foram confeccionadas fichas de características, propriedades e usos, que apresentam os resultados de ensaios e da interpretação técnica destes valores. Nas fichas são disponibilizadas as seguintes informações para cada espécie:

- Descrição das características gerais da madeira: Cor, cheiro e gosto, textura, grã, brilho e características especiais;
- Descrição anatômica macroscópica com imagem do corte transversal (aumento de 10x) e da face tangencial de uma amostra da madeira;
- Propriedades físicas e relações: densidade aparente, densidade básica, variação volumétrica (contração %) e coeficiente de anisotropia;
- Propriedades mecânicas: módulo de ruptura na flexão estática, resistência máxima ao cisalhamento, resistência máxima à compressão paralela às fibras e dureza Janka nos sentidos perpendicular e paralelo à direção das fibras;
- Trabalhabilidade através de processos de aplainamento, furações com brocas helicoidais e chata, lixamento, rasgo lateral e fendilhamento por pregos;
- Imagem de uma amostra (corpo-de-prova) após ensaios de trabalhabilidade;
- Indicações de usos para a madeira.

## 8. Referências

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

American Society for Testing and Materials. 1995. ASTM D 1666-87 standard method for conducting machining

tests of wood and wood base materials (reapproved 1994). Philadelphia. p.226-245.

Andrade, V.H.F. 2015. Modelos de crescimento para *Hymenaea courbaril* L. e *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose em floresta de terra firme utilizando análise de anéis de crescimento. Dissertação de Mestrado UFPR.

Bao, F.C.; Jiang, Z.H.; Jiang, X.M.; Lu, X.X.; Luo, X.Q.; Zhang, S.Y. 2001. Differences in wood properties between juvenile wood and mature wood in 10 species grown in China. Wood Science and Technology, 35(4):363-375.

Bet, L. 1999. Estudo da medição da textura de superfícies com sondas mecânicas e com sondas ópticas tipo seguidor. Florianópolis. 243f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina.

Fichtler, E.; Clark, A.; Worbes, M. 2003. Age and long-term growth of trees in an old-growth tropical rain forest, bases on analyses of tree rings and 14C. Biotropica, 35:306– 317.

Ibama - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 1997. Madeiras da Amazônia, características e utilização; Volume 3, Amazônia Oriental. Laboratório de Produtos Florestais, Brasília, 141 p.

Longui, E.L.; Oliveira, I.R.; Graebner, R.C.; Freitas, M.L.M.; Florsheim, S.M.B.; Garcia, J.N. 2017. Relationships among wood anatomy, hydraulic conductivity, density and shear parallel to the grain in the wood of 24-year-old *Handroanthus vellosi* (Bignoniaceae). Rodriguésia, 68(4): 1217-1224.

Mainieri, C.; Chimelo, J.P. 1989. Fichas de características das madeiras brasileiras. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 418p.

Marques, S.S.; Oliveira, J.T.S.; Paes, J.B.; Alves, E.S.; Silva, A.G.; Fiedler, N.C. 2012. Estudo comparativo da massa específica aparente e retratibilidade da madeira de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) nativa e de reflorestamento. Revista Árvore, 36(2):373-380.

Nock, H.P.; Richter, H.G.; Burger, L.M. 1975. Tecnologia da madeira. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais, Universidade Federal do Paraná, 216 p.

Oliveira, A.D.; Trugilho, P.F.; Mendes, L.M.; Silva, J.R.M.; Lima, J.T. 1997. Determinação da variação dimensional da madeira em clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* aos 90 meses de idade. IUFRO: Conference on silviculture and Improvement of Eucalypt, 1997, Salvador. Anais... Colombo: Embrapa/

- CNPF. v.3, p.118-124.
- Oliveira, J.T.S. 1988. Estudo das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da pindaíba (*Xylopiá sericea* St. Hill.). Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 106p.
- Pelozzi, M.M.A.; Severo, E.T.D.; Calonego, F.W.; Rodrigues, P.L.M. 2012. Propriedades físicas dos lenhos juvenil e adulto de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii* e de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. *Ciência Florestal* 22(2):305-313.
- Pollet, C.; Henin, J.M.; Hébert, J.; Jourez, B. 2017. Effect of growth rate on the physical and mechanical properties of Douglas-fir in western Europe. *Canadian Journal of Forest Research*, 47(8):1056-1065.
- Silva, J.R.M.; Costa Júnior, J.S.; Mendes, L.M.; Trugilho, P.F. 1996. Afição de ferramentas para o setor madeireiro. Lavras: UFLA/DCF, 37p.
- Souza, M.H.; Magliano, M.M.; Camargos, J.A.A.; Souza, M.R. 1997. *Brazilian Tropical Woods – Madeiras Tropicais Brasileiras*. Brasília, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 152p.
- Zobel, B.J.; van Buijtenen, J.P. 1989. *Wood variation: its causes and control*. Berlin: Springer-Verlag, 361p.

# 5. CRESCIMENTO E CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM EXPERIMENTOS SILVICULTURAIS NO NORTE DO ESPÍRITO SANTO

SAMIR G. ROLIM, DANIEL PIOTTO, ALEXANDRE MONTEIRO DE CARVALHO, JOÃO VICENTE LATORRACA, JONACIR DE SOUZA, GEOVANE SOUZA SIQUEIRA, CLAUDIA AZEVEDO REIS, ENRIQUE ORELLANA, CARLOS EDUARDO SILVEIRA DA SILVA, PAULO CESAR LEAL DE CARVALHO, NORMA DA SILVA ROCHA MACIEL, JOSÉ HENRIQUE CAMARGO PACE, JONNYS PAZ CASTRO, GLAYCIANNE CHRISTINE VIEIRA DOS SANTOS, MÁRCIO ELIAS SANTOS FERREIRA, ERNESTO SEIJI SAKAI, RENATO MORAES DE JESUS.

## 1. Introdução

Dois aspectos básicos são essenciais para o desenvolvimento da silvicultura de espécies nativas no Brasil: conhecimento e valorização. É sabido que espécies para produção de madeira nativa possuem longos ciclos de produção, de 20 a 50 anos, para atingir diâmetros mínimos considerados aptos para corte, em torno de 30 a 40 cm. Os longos ciclos de produção e altos custos de estabelecimento e monitoramento de plantios experimentais têm dificultado o desenvolvimento de estudos compreensivos sobre o comportamento silvicultural da quase totalidade das espécies nativas brasileiras. Embora não se possa dizer que existe no Brasil uma silvicultura de espécies nativas em nível de mercado, existe uma longa história e o conhecimento acumulado nos últimos 50 anos não é insignificante (Piotto et al., 2018). Entretanto, nunca houveram investimentos expressivos e coordenados na área de silvicultura de espécies nativas e a maior parte do conhecimento existente tem sido gerada por experimentos pontuais instalados há mais de 30 anos, pelo esforço de algumas poucas instituições, com destaque para Embrapa, Instituto Florestal (SP), Ceplac (BA) e Florestas Rio Doce (ES).

Nos últimos anos, tem surgido um renovado interesse pela silvicultura de espécies nativas em toda a região tropical, na Ásia Central/Oeste, América Central e norte da África (Payn et al., 2015), guiado pelas sinergias entre as convenções internacionais sobre diversidade biológica (CDB, Decreto Legislativo

nº 2, de 1994), as convenções internacionais sobre reflorestamentos em larga escala (<http://www.bonnchallenge.org>), a escassez de madeira (Warman, 2014; Buongiorno, 2015), a necessidade de melhorar a permeabilidade da paisagem (Pirard et al., 2016; Metzger et al., 2017) e para sequestrar carbono (Dewar & Cannel, 1992; Montagnini & Porras, 1998; Power et al., 2013; Marín-Spiotta & Sharma, 2013). Embora exista consenso sobre a necessidade de atração de novos investimentos para a silvicultura de espécies nativas, não só pelos serviços ambientais resultantes da atividade de reflorestamento, mas principalmente pela razão da madeira ser um ativo valioso e com demanda e preços crescentes no mercado, duas questões parecem afligir os interessados em investir neste mercado:

Qual o volume de madeira que pode ser produzido e em quanto tempo? e,

Qual a qualidade da madeira de espécies nativas oriundas de plantios silviculturais?

Neste capítulo buscamos gerar informações sobre a produção e a qualidade da madeira de algumas das principais espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica com potencial madeireiro. Espera-se que essas informações sirvam de subsídio para alavancagem de investimentos voltados à utilização de espécies florestais nativas em plantios comerciais, bem como para o fomento de novas pesquisas silviculturais com espécies nativas da Mata Atlântica.

## 2. Metodologia

Para verificação do nome científico e da área de distribuição natural de cada espécie foram consultadas as bases de dados do projeto da Flora do Brasil (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora>). Os dados de crescimento foram coletados na rede de parcelas permanentes para monitoramento de plantios silviculturais estabelecidos na Reserva Natural Vale, em Linhares. A descrição do tipo de plantio, espaçamento e mortalidade é apresentada para cada espécie. As fotos de todas as espécies foram obtidas em plantios na Reserva, mas algumas não correspondem aos dados dos plantios analisados. Todos os valores de diâmetro, altura, volume e biomassa são apresentados considerando a idade de 35 anos, mas para algumas espécies, de ciclos mais curtos, os resultados são para idades de 15 ou 25 anos. As equações de crescimento em diâmetro são apresentadas separadamente para cada espécie e sua metodologia está descrita no capítulo 3 (Rolim et al., 2018b). Detalhes dos modelos hipsométricos, volumétricos e de biomassa são descritos no capítulo 2 (Rolim et al., 2018a), sendo selecionadas as seguintes equações:

$$H_F = \left( \frac{D}{0,2150 D + 2,5188} \right)^2$$

$$H_T = \left( \frac{D}{0,1749 D + 1,6080} \right)^2$$

$$V_F = 1,11 * 10^{-4} * D^{2,0479} * H_F^{0,6352}$$

$$BAS = 0,1009 * D^{2,2472} * H_T^{0,4333} * \rho^{0,7865}$$

onde **BAS** é a biomassa acima do solo em Kg/árvore, **V<sub>F</sub>** é o volume do fuste em m<sup>3</sup>, **D** é diâmetro em cm, **H<sub>T</sub>** a altura total em m, **H<sub>F</sub>** a altura do fuste em m, **ρ** a densidade da madeira em g/cm<sup>3</sup>.

Os resultados de crescimento e produtividade estimados para cada espécie foram comparados com a literatura acumulada nas últimas décadas e para cada espécie são apresentadas algumas sugestões e recomendações a partir da experiência empírica.

A forma do fuste foi avaliada anualmente nos plantios experimentais analisados, para cada árvore. Entretanto, ao longo do tempo, os desbastes foram sendo efetuados eliminando-se os indivíduos malformados, com fustes tortuosos. Aqui foi usada uma abordagem que considera que as árvores de interesse para silvicultura são aquelas com fustes bem formados e que ao longo do experimento muitas árvores malformadas devem ser eliminadas através dos desbastes. Com isso, optamos por fazer uma avaliação visual das árvores remanescentes em cada plantio no ano de 2017, ou consideramos o último ano de monitoramento, no caso das árvores terem sido todas eliminadas antes de 2017. Dessa maneira, não se avaliou toda a variabilidade da espécie, mas o foco foram as árvores potenciais para serem colhidas, após anos de seleção das melhores árvores nos plantios.

Quase todas as espécies estudadas tiveram árvores abatidas para execução dos estudos sobre as propriedades tecnológicas da madeira, como apresentado no capítulo 4 (Carvalho et al., 2018).

Por fim, as espécies foram divididas conforme o Diagrama 1, de acordo com a qualidade do fuste comercial e de acordo com a taxa de crescimento obtida em Linhares. Essa divisão é relativa aos dados das parcelas permanentes para monitoramento de plantios silviculturais estabelecidos na Reserva Natural Vale, em Linhares, pois sob melhores condições de manejo, as espécies podem ter seus fustes melhorados ou suas taxas de crescimento aumentadas.

Alguns cuidados na interpretação dos resultados são sugeridos:

- Muitas espécies apresentaram fustes comerciais curtos nos plantios, ou por que foram malconduzidos, sem as desramas necessárias ou por que a espécie foi plantada a pleno sol e bifurcou-se precocemente. Entretanto, para mostrar o potencial de crescimento e produção das espécies, as estimativas de altura e volume comercial do fuste são descritas considerando que a espécie foi adequadamente manejada, ou seja, assumindo-se que a espécie será bem conduzida com desramas apropriadas para alcançar a altura e conseqüentemente o volume estimado pelo modelo. Estes casos estão explicitamente citados para cada espécie;
- Os resultados de crescimento obtidos nos experimentos em Linhares, podem ser considerados conservadores em muitos casos, pois a área apresenta solos muito arenosos, pouco férteis e numa região de precipitação de menos que 1250 mm, mal distribuídos ao ano, abaixo do que pode ser considerado um mínimo adequado para muitas espécies. Além disso, nem todos os experimentos foram desbastados nas épocas corretas e muitas árvores não cresceram como poderiam. Uma comparação com a literatura disponível é citada sempre que possível e ajuda a entender melhor o que se pode esperar em termos de produtividade de cada espécie, inclusive para outras regiões;
- É comum comparar os resultados de incremento volumétrico das espécies nativas com aqueles alcançados pelo *Eucalyptus* plantado para celulose (ciclo de 6 anos e sem desbaste), que chega a mais de 45 m<sup>3</sup>/ha/ano. Entretanto, para uma comparação mais correta, deve-se utilizar como referência o *Eucalyptus* plantado para madeira (ciclo de 20 anos com desbastes), onde o incremento volumétrico deve estar ao redor de 16 a 20 m<sup>3</sup>/ha/ano;
- É comum encontrar na literatura incrementos em diâmetro para plantios com idades de 5 a 15 anos. Nessa idade o incremento diamétrico das espécies geralmente atinge seu máximo, mas tende a decrescer até as idades mais avançadas. Os incrementos não são constantes ao longo da vida de uma árvore e quando obtidos em períodos curtos não devem ser usados para extrapolar o futuro crescimento da espécie. Neste trabalho, os incrementos são apresentados aos 35 anos para a maioria das espécies aqui estudadas, resultando em maior segurança para entender o potencial de cada uma, mas deve ser evitado o uso do incremento para extrapolar os diâmetros em idades acima de 40 anos de idade;
- É muito importante ressaltar que neste trabalho não é recomendado nenhum sistema de produção específico para cada espécie. O objetivo é apenas mostrar o quanto pode ser esperado do crescimento de cada uma e qual a qualidade de sua madeira em plantios silviculturais. Porém, os dados de crescimento permitem analisar o potencial de consórcios de espécies sob várias condições de manejo, contabilizando o volume de madeira por espécie pela proporção de árvores no talhão. Nesse sentido, podem ser estudadas as melhores combinações de espécies em função do crescimento, como também podem ser delineados ou planejados diversos sistemas de produção, desde sistemas agroflorestais com poucas árvores, a sistemas consorciados em que não se exija corte raso, mantendo a floresta em pé, num sistema policíclico contínuo e com diversidade de espécies suficiente para trazer de volta uma conectividade funcional, principalmente nas paisagens mais degradadas na Mata Atlântica.

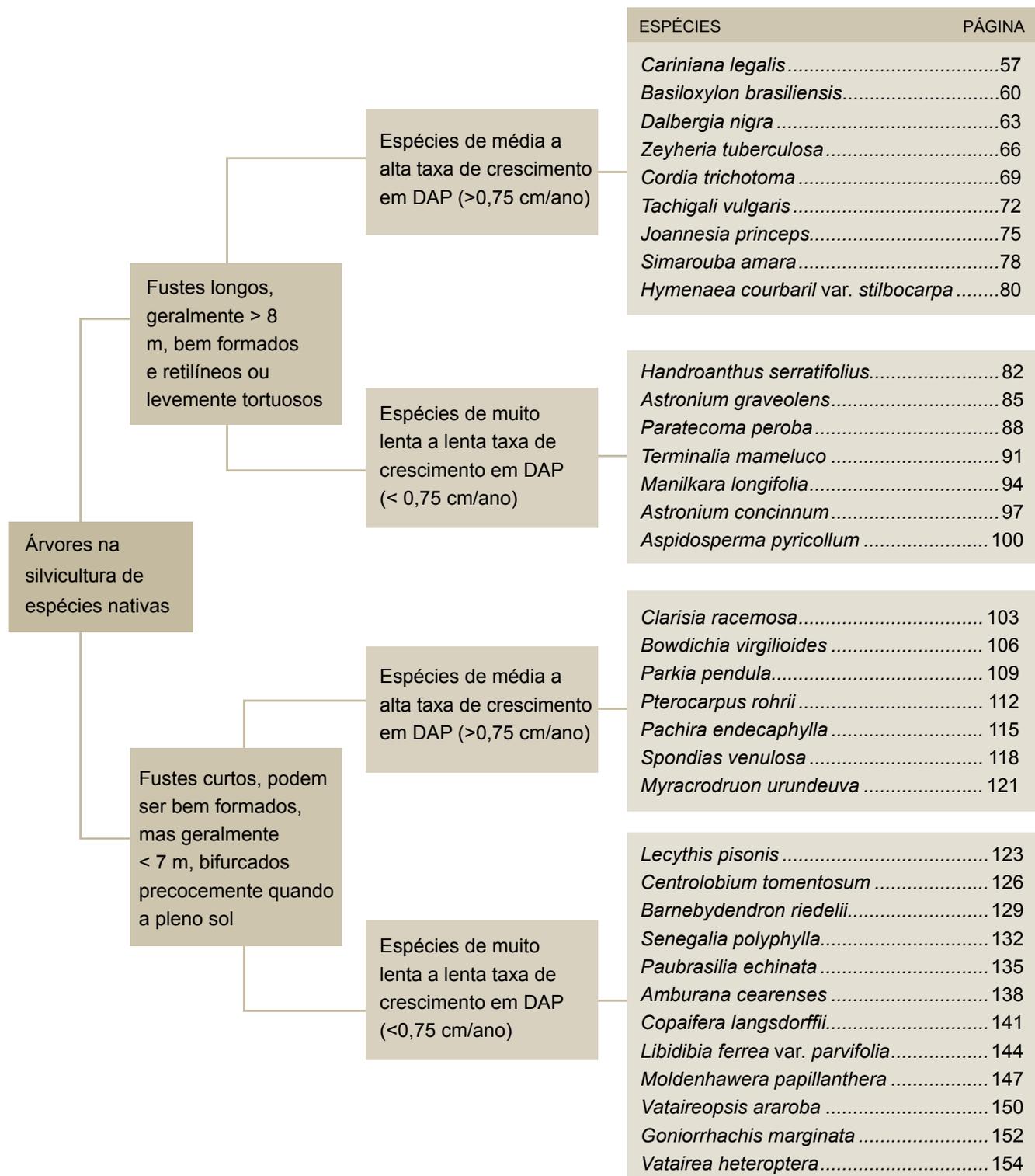


Diagrama 1: Classificação das espécies estudadas de acordo com a qualidade do fuste e com as taxas de crescimento, obtidos nos experimentos silviculturais em Linhares (ES). As espécies foram classificadas em função do crescimento diamétrico, pois para grande maioria das espécies estudadas o produto esperado das plantações é madeira sólida para usos nobres. Nesse contexto, as práticas de manejo das plantações estão focadas no diâmetro individual da árvore, ao invés do volume total de madeira produzido, ou seja, para um dado volume é preferível ter poucas árvores com grande diâmetro do que muitas árvores com pequeno diâmetro.



## *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze (Lecythidaceae)



**Distribuição:** o jequitibá-rosa é distribuído principalmente nas florestas ombrófilas e estacionais da Mata Atlântica, do Paraná até Alagoas (Smith et al., 2015). A espécie foi muito explorada na Mata Atlântica e outras espécies do gênero são exploradas na Amazônia para produção madeireira, possuindo valor madeireiro reconhecido.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um consórcio com ipê-amarelo (*Handroanthus serratifolius*, n=72 árvores por espécie), realizado em Linhares no espaçamento 3x2,5 m. As árvores remanescentes de *Cariniana legalis* aos 31 anos apresentaram excelente forma e sanidade. A mortalidade foi igual a 2% até os 17 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 46,40 \exp^{-11,38 I^{-0,9855}}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 256 m<sup>3</sup>/ha para 375 árvores/ha, com DAP médio de 32,9 cm e uma altura do fuste de 11,8 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 7,3 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,94 cm/ano e a biomassa estocada em 216 Mg/ha. No plantio em Linhares, dos 13 aos 16 anos, apresentou um período de estagnação do crescimento devido à ausência de desbastes, sendo possível sugerir que os resultados acima poderiam ser antecipados. O crescimento em DAP aos 14 anos em Linhares (DAP igual a 19,8 cm) é um pouco superior ao relatado por Sebbenn et al. (2000) em Latossolo roxo em Luiz Antônio (SP) e por Gurgel Filho et al. (1982a) num Latossolo roxo em São Simão (SP) ou no Paraná (Silva & Torres, 1992). Em sistema agroflorestal na Bahia é citado DAP igual a 19 cm aos 9 anos (Matos, 2016). Pode ser plantada a pleno sol, com fustes naturalmente retilíneos, mas o crescimento e a forma retilínea do fuste são favorecidos nos consórcios, diminuindo a necessidade de desramas e favorecendo o crescimento em altura. Em Linhares o experimento foi implantado sobre Argissolos, mais pobres e arenosos, num clima com baixa precipitação, e os resultados para jequitibá-rosa correspondem a um sítio de baixa produtividade. O jequitibá-rosa pode chegar a um diâmetro médio de 39 cm em solos mais produtivos aos 30 anos, existindo correlação positiva com teor de argila do solo (Silva, 2013). Existem populações conservadas ex-situ em São Paulo (Siqueira & Nogueira 1992). Existem diferenças marcantes entre diferentes procedências e progênes dessa espécie e com seleção genética podem ser esperados ganhos de produtividade de 15% no DAP e altura (Sebbenn et al., 2000).

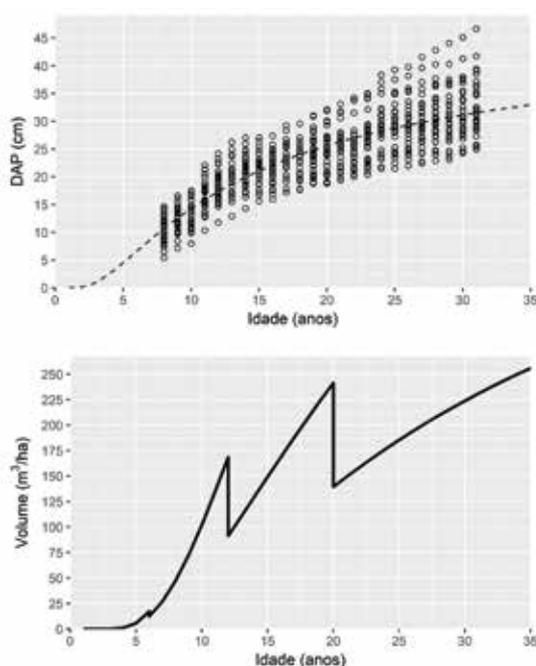


Figura 1. Crescimento em diâmetro de *Cariniana legalis* consorciado com *Handroanthus serratifolius*, em Linhares (ES), e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 12 e 20 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e alburno pouco distintos, cerne bege-rosado com presença de faixas pardas, odor não característicos, gosto indistinto, grã direita, textura fina a média, brilho pouco contrastado.

#### Descrição Anatômica Macroscópica:

**Parênquima Axial:** visível apenas sob lente, reticulado. **Raios:** visíveis apenas sob lente nos planos transversal e longitudinal tangencial, pouco contrastado no plano longitudinal radial, finos, numerosos a muito numerosos, não estratificados. **Vasos:** pouco visíveis sem auxílio de lente, muito pequenos a pequenos, numerosos, porosidade difusa, solitários e múltiplos radiais (2-3 vasos). **Camadas de Crescimento:** demarcadas por zonas fibrosas.

#### Propriedades Físicas e Mecânicas

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,651
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,529
Variação volumétrica (contração %)	12,03
Coefficiente de anisotropia	1,26
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	655,36
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	131,67
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	371,44
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	440,00 – 661,67

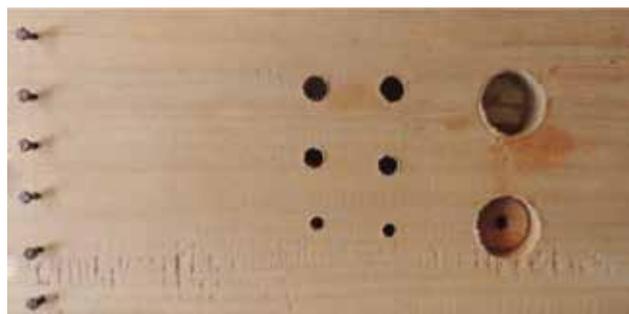
Ensaio conduzido baseado no documento normativo ABNT 7190:1997

#### Trabalhabilidade e indicações de uso

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
excelente	boa	regular	regular	regular	ruim	regular	boa	excelente	33% aceita; 67% não aceita

Ensaio conduzido baseado no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de média densidade. Alta estabilidade dimensional, sem tendência a empenamentos. Dureza média. Indicada para usos estruturais leves, móveis, esquadrias, utensílios, embalagens, forros, cabos de ferramentas e revestimentos. Boa a excelente trabalhabilidade nas operações de aplainamento e rasgo lateral. Dificuldade nas furações tanto por brocas helicoidais como com brocas chatas. Bom resultado de lixamento. Inserção de pregos regular, na maioria das amostras avaliadas ocorreu arrancamento de fibras e problemas de trincamento na porção inferior da amostra.





*Basiloxylon brasiliensis* (All.) K.Schum. (Malvaceae)



**Distribuição:** a farinha-seca ou pau-rei tem distribuição conhecida em florestas ombrófilas e estacionais no Rio de Janeiro, Minas Gerais e Pernambuco, além do Espírito Santo, embora não apareça neste último estado na flora do Brasil (Esteves, 2015). É uma espécie de uso madeireiro local e que deve ser melhor valorizada no mercado.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um teste de espaçamento, onde as árvores remanescentes aos 27 anos apresentaram excelente forma do fuste e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 4% até os 10 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 89,77 \left(1 + 44,28 \exp^{-0,9057 \ln(I)}\right)^{-1}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 254 m<sup>3</sup>/ha para 388 árvores/ha, com DAP médio de 32,4 cm e uma altura do fuste de 11,7 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 7,3 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,93 cm/ano e a biomassa estocada em 223 Mg/ha. Essa é a única espécie aqui estudadas que o volume está significativamente subestimado pelo modelo, pois seu fuste é o mais alto e precisa de uma equação própria para melhorar a precisão do modelo. Vinha & Lobão (1989) registraram DAP igual a 14,7 cm aos 16 anos, inferior a Linhares. É sensível a falta de desbastes, como ocorrido nos plantios consorciados em Linhares. Cresce bem a pleno sol, mas apesar da excelente forma natural, existe grande variabilidade no crescimento, exigindo a atenção na seleção de melhores procedências e nos desbastes. Caso se consiga este melhoramento e valorização no mercado, essa espécie pode ser importante nos consórcios, como sombreadora (pois possui copa colunar) e como potencial produtora de madeira na idade de 25 anos.

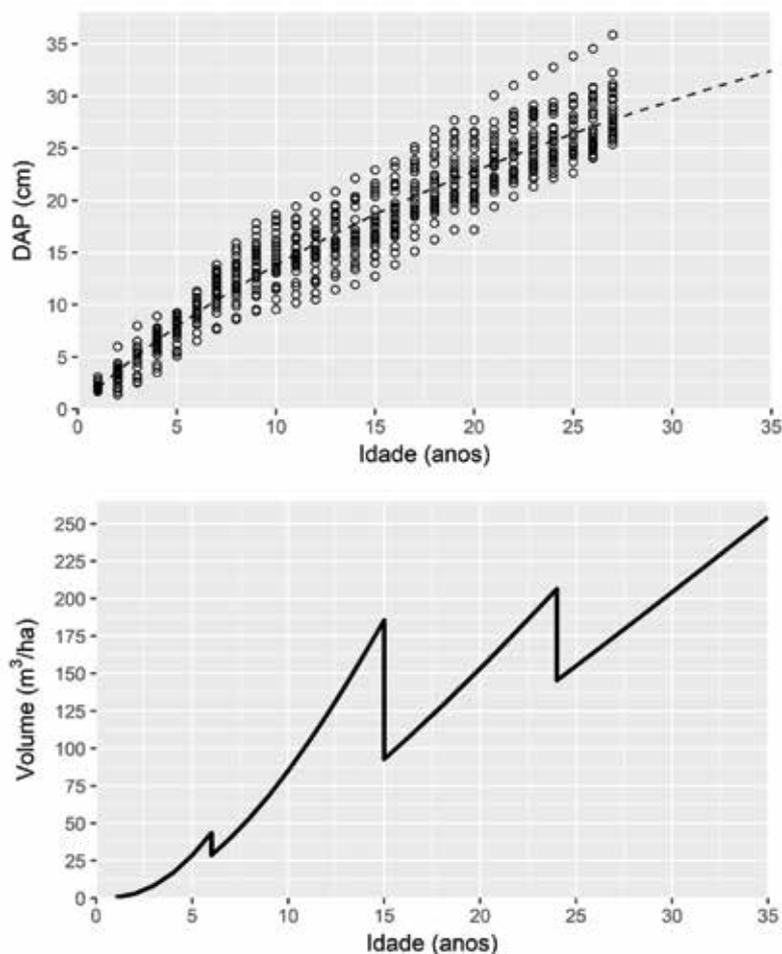
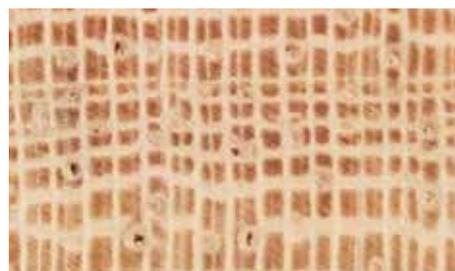


Figura 2. Crescimento em diâmetro de *Basiloxyton brasiliensis* em Linhares (ES), em teste de espaçamento, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 15 e 24 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da madeira:** cerne a alburno indistinto, cor branco-amarelado, aspecto fibroso claro, odor não característico, gosto indistinto, textura média, grã direita, brilho pouco contrastado.

### Descrição Anatômica Macroscópica:

**Parênquima Axial:** visível sem auxílio de lente, ocasionalmente vasicêntrico, confluentes e em faixas largas e longas. **Raios:** visíveis sem auxílio de lente nos planos transversal e longitudinal tangencial, contrastado no plano longitudinal radial, médios, numerosos, não estratificados. **Vasos:** visíveis sem auxílio de lente, médios, poucos, porosidade difusa, predominantemente solitário, ocasionalmente geminados em arranjo tangencial. **Camadas de Crescimento:** demarcadas por zonas fibrosas e parênquimas em faixas marginais.

### Propriedades Físicas e Mecânicas

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,743
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,553
Varição volumétrica (contração %)	9,01
Coefficiente de anisotropia	1,72
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	758,09
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	76,37
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	436,32
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	505,00 – 525,00

Ensaio conduzido baseado no documento normativo ABNT 7190:1997

### Trabalhabilidade e indicações de uso

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
boa	regular	ruim	ruim	ruim	regular	regular	boa	regular	14% aceita; 86% não aceita

Ensaio conduzido baseado no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade e dureza média. Média anisotropia. Pouca tendência a empenamentos e torcimentos. Indicada para estruturas leves, movelaria, construções, carpintaria, revestimentos, embalagens e utensílios. Bom a regular comportamento no aplainamento. Resultados de furações ruins e regulares tanto por brocas helicoidais como broca chata. Bons resultados no lixamento, regular no teste de rasgo lateral e baixa aceitação de pregos na maioria dos ensaios realizados, exigindo cuidados específicos como pré-furação.





*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth. (Fabaceae)



**Distribuição:** o jacarandá-da-bahia ou jacarandá caviúna ocorre principalmente nas florestas ombrófilas e estacionais da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (Lima, 2015a). É a espécie de madeira mais valiosa na Mata Atlântica, tendo sido muito explorada, fato que quase levou à extinção das populações naturais.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um consórcio com peroba (*Paratecoma peroba*) e ipê-felpudo (*Zeyheria tuberculosa*). O consórcio foi implantado no espaçamento 1,5x1,5 m, na proporção de duas árvores de peroba, duas de ipê felpudo e 1 de jacarandá. Foram realizados diversos desbastes não regulares e as árvores remanescentes de jacarandá aos 20 anos apresentaram fustes com boa forma, com alguma tortuosidade, mas boa sanidade. A mortalidade foi igual a 7% até o ano 1. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 61,47 \exp^{-3,92 I^{-0,4838}}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até os 35 anos, quando o volume é estimado em 248 m<sup>3</sup>/ha, para 438 árvores/ha, com DAP médio igual a 30,5 cm e altura do fuste 11,3 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 7,1 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,87 cm/ano e a biomassa estocada em 241 Mg/ha. O maior crescimento para jacarandá-bahia citado por Carvalho (2003) é de 17,6 cm aos 12 anos na Mata Atlântica, compatível com o resultado encontrado em Linhares, 18,7 cm. O crescimento no arboreto da Ceplac na Bahia (Vinha & Lobão, 1989) foi baixo, DAP igual a 9,9 cm aos 12 anos. Em sistema agroflorestal na Bahia é citado DAP igual a 17 cm aos 9 anos (Matos, 2016). Existem citações de bom crescimento fora de sua área de origem, 17,7 cm aos 19 anos na Amazônia (Silva & Canto, 1994), mas com fustes curtos (3,8 m) e tortuosos, devido ao plantio muito aberto e falta de manejo. É necessária atenção à broca do tronco, que pode levar as plantas a altas taxas de mortalidade (Jesus et al., 1992). Seu cerne, que é a parte atrativa e valiosa desta madeira, demora muito tempo para ser formado, fato que justifica estimar o corte das melhores árvores a partir de 50 anos, idade plenamente aceitável pelo altíssimo valor da madeira. Nessa idade a densidade de árvores será reduzida, para cerca de 350 árvores/ha, mas todas com maior porcentagem de cerne. Não deve ser plantada a pleno sol, produzindo fustes mais retilíneos quando plantada em enriquecimento, o qual estimula o crescimento em altura e minimiza o ataque da broca. Ressalta-se que é sensível ao sombreamento excessivo, podendo diminuir o ritmo de crescimento.

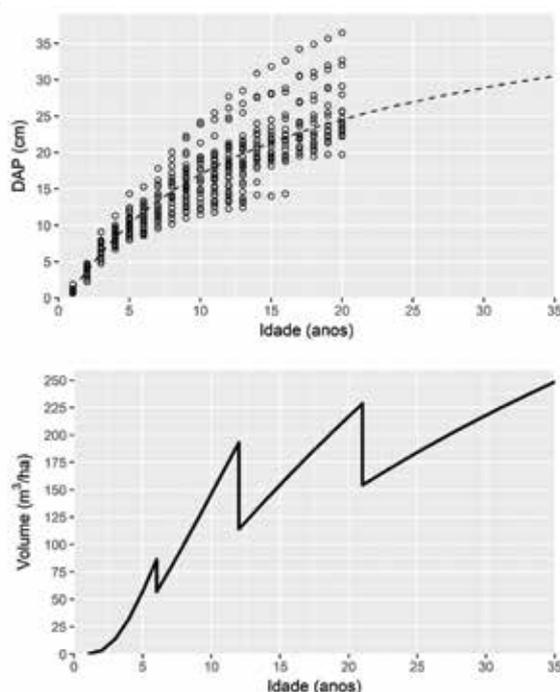


Figura 3. Crescimento em diâmetro de *Dalbergia nigra* em Linhares (ES), em consórcio com *Paratecoma peroba* e *Zeyheria tuberculosa*, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 12 e 21 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e albarno distintos, cerne pardo escuro com veios mais enegrecidos e albarno amareloesbranquiçado, odor não característicos, gosto adocicado, textura grossa, grã direita, brilho pouco contrastado.

**Descrição Anatômica Macroscópica:**

Parênquima Axial: visível sem auxílio de lente, paratraqueal aliforme, vasicêntrico e em faixas finas descontínuas. Raios: visíveis apenas sob lente nos planos transversal e longitudinal tangencial, pouco contrastados no plano longitudinal radial, muito finos, poucos a muito numerosos, estratificado. Vasos: visíveis sem auxílio de lente, pequenos, numerosos, porosidade difusa, solitários, múltiplos radiais e oblíquos (2-3 vasos). Camadas de Crescimento: demarcadas zonas fibrosas e faixas finas descontínuas de parênquima.

**Propriedades Físicas e Mecânicas**

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,782
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,634
Varição volumétrica (contração %)	12,89
Coefficiente de anisotropia	1,26
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	863,79
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	152,49
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	482,92
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	647,67 – 855,00

Ensaios conduzidos baseados no documento normativo ABNT 7190:1997

**Trabalhabilidade e indicações de uso**

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
excelente	regular	boa	regular	boa	excelente	boa	boa	excelente	22% aceita; 78% não aceita

Ensaios conduzidos baseados no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade média a alta, dureza média a alta, com baixíssima tendência a torcimentos e empenamentos, indicada para uso estrutural, usos aparentes devido à beleza estética da interação das cores do cerne e albarno, em movelaria e utensílios diversos. Bom acabamento em plainas quando trabalhada na direção a favor da grã, pois em cortes contra a disposição das fibras ao longo da formação da madeira ocorreram maiores defeitos. Em geral apresenta facilidade de furação por brocas, bons resultados no lixamento e excelente no teste de rasgo lateral. Inserção de pregos dificultada no cerne, devido à maior dureza.



➤ *Zeyheria tuberculosa* (Vell.) Bureau ex Verl. (**Bignoniaceae**)



**Distribuição:** O Ipê-felpudo ou bolsa-de-pastor, ocorre principalmente nas florestas estacionais semidecíduas da região sudeste, mas com registros também na Bahia e outras áreas do nordeste (Lohmann, 2015). Embora seja considerada uma pioneira colonizadora de áreas degradadas, tem grande longevidade e existem estudos na literatura indicando seu valor para uso madeireiro, tendo sido muito explorada na Mata Atlântica (Luz & Ferreira, 1985).



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um teste de procedência realizado em Linhares, no espaçamento 3x2,5 m, sendo selecionadas para análise as melhores procedências (n=24 árvores por procedência), dos municípios de Iconha (ES) e Alfredo Chaves (ES). As árvores remanescentes aos 23 anos apresentaram excelente forma e sanidade e boa desrama natural. A mortalidade foi igual a 10% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 37,62 \left(1 + 19,90 \exp^{-1,13823 \ln(I)}\right)^{-1}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 240 m<sup>3</sup>/ha para 523 árvores/ha, com DAP médio de 27,9 cm e uma altura do fuste de 10,7 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 6,8 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,80 cm/ano e a biomassa estocada em 224 Mg/ha. Na Bahia, no arboreto da Ceplac, Vinha & Lobão (1989) registraram DAP igual a 15,2 cm aos 17 anos, resultado inferior ao obtido em Linhares. Mas existem citações de DAP médio ao redor de 19 cm aos 11 anos no espaçamento 4x4 m (Carvalho, 2003), superior ao encontrado em Linhares. Os testes de procedências em Linhares indicam alta variabilidade. Não é exigente em solos férteis, mas responde melhor em solos de boa fertilidade e principalmente em áreas com precipitação ao redor de 1600 mm, podendo alcançar 30 cm de DAP, entre 25 e 30 anos. Aceita bem o plantio a pleno sol e geralmente produz fustes retilíneos e com boa desrama natural, mas não dispensa as desramas artificiais. É muito interessante como sombreadora, mas não produz boa sombra nos primeiros anos, melhorando após 4 a 6 anos, quando a copa se torna bem colunar, favorecendo outras espécies em consórcio. Não pode ficar muito sombreada em consórcios, pois seu fuste tende a entortar em busca de luminosidade.

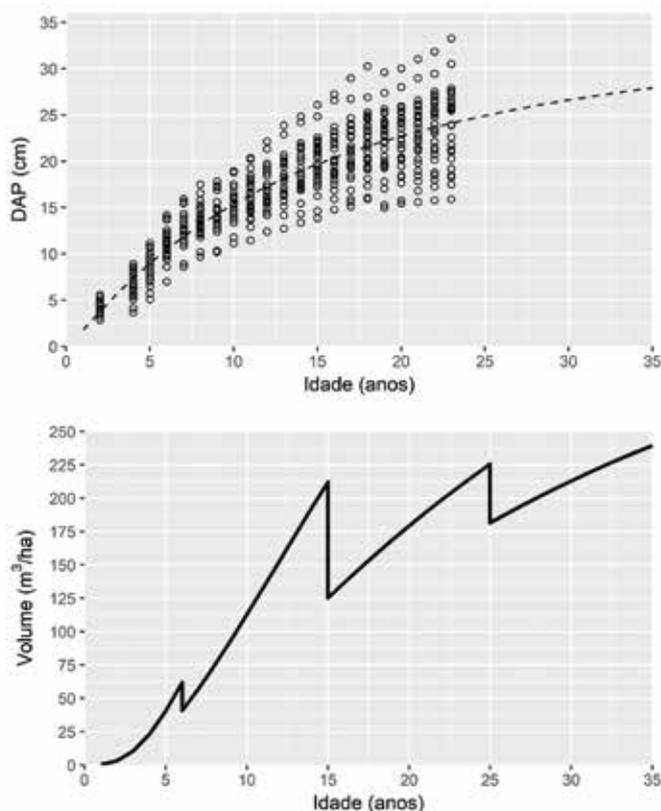
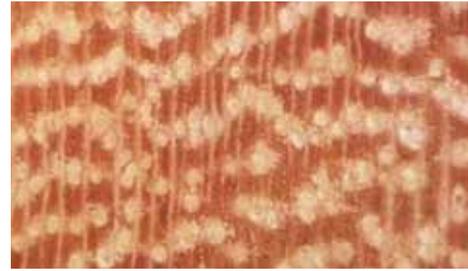


Figura 4. Crescimento em diâmetro de *Zeyheria tuberculosa* em Linhares (ES), em teste de procedência, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 18 e 25 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e alburno distintos, cerne castanho-amarelado e alburno bege claro, odor não característico, gosto amargo, textura média, grã reversa, brilho pouco contrastado.

**Descrição Anatômica Macroscópica:**

**Parênquima Axial:** pouco visível sem auxílio de lente, paratraqueal vasicêntrico, confluyente e em faixas marginais. **Raios:** visíveis apenas sob lente no plano transversal e pouco visíveis sem auxílio de lente no plano longitudinal tangencial, pouco contrastados no plano longitudinal radial, finos, numerosos, estratificados. **Vasos:** visíveis apenas sob lente, muito pequenos a pequenos, numerosos a muito numerosos, porosidade difusa, predominantemente solitários e múltiplos tangenciais (2-3 vasos). **Camadas de Crescimento:** demarcadas por zonas fibrosas e finas linhas de parênquima marginal.

**Propriedades Físicas e Mecânicas**

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,795
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,608
Variação volumétrica (contração %)	13,73
Coefficiente de anisotropia	1,53
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	831,67
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	127,99
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	155,06
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	623,33 – 736,67

Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ABNT 7190:1997

**Trabalhabilidade e indicações de uso**

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
boa	boa	regular	boa	excelente	boa	excelente	boa	excelente	50% aceita; 50% não aceita

Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de média densidade e média dureza. Estabilidade regular a boa, sem tendência a empenamentos. Indicada para usos estruturais leves, mobiliários, pisos, cabos de ferramentas e utensílios. Demonstrou boa trabalhabilidade no aplainamento e resultados satisfatórios nas furações realizadas com brocas helicoidais e chatas. Bom lixamento e excelente comportamento no rasgo lateral. Na inserção de pregos teve resultado regular apresentando problemas em metade das amostras avaliadas.





➤ *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Stend. (Boraginaceae)



**Distribuição:** O louro-pardo ocorre na borda sul amazônica, em áreas de florestas estacionais do interior no Brasil Central e ao longo de toda a Mata Atlântica, do Sul ao Nordeste (Stapf, 2015). É uma espécie bastante estudada e altamente recomendada pelo seu alto valor para uso madeireiro (Harrit, 1991), assim como suas espécies congêneres, na Amazônia: *Cordia alliodora* e *Cordia goeldiana*.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um consórcio com jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*) e macanaíba (*Bowdichia virgilioides*), realizado em Linhares no espaçamento 3x1 m. As árvores remanescentes de *Cordia trichotoma* aos 18 anos apresentaram boa forma do fuste, mas muitas árvores com sanidade comprometida. A mortalidade foi igual a 40% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 41,27 \exp^{-2,15 \cdot \exp(-0,0484 I)}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 239 m<sup>3</sup>/ha para 527 árvores/ha, com DAP médio de 27,8 cm e uma altura do fuste de 10,7 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 6,8 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,79 cm/ano e a biomassa estocada em 186 Mg/ha. O crescimento no arboreto da Ceplac na Bahia (Vinha & Lobão, 1989), também foi mais baixo, DAP igual a 10,5 cm aos 15 anos. Existem citações de DAP médio de 18 cm aos 8 anos e 16 cm aos 10 anos em áreas conduzidas pela Embrapa no Paraná (Carvalho, 2003), muito melhores que o obtido em Linhares. Existem populações conservadas ex-situ em São Paulo (Siqueira & Nogueira 1992). Em vários plantios em Linhares foi notado um bom crescimento inicial até 12 ou 15 anos, mas a partir dessa idade muitas árvores praticamente pararam de crescer em DAP, embora continuassem vivas. Os últimos anos de monitoramento foram eliminados para construção do modelo, devido ao que pode ser considerado um crescimento em condições de sanidade comprometida. Duas prováveis causas podem explicar este resultado.

Segundo Carvalho (2003), uma causa é o ataque contínuo de um hemíptero (*Dictyla monotropidia*), que suga as folhas, que acabam por cair. O investimento na renovação das folhas leva a um menor ritmo de crescimento da árvore. Porém, em Linhares a causa mais provável para a estagnação do crescimento foi o parasitismo por ervas-de-passarinho, o qual reduz a eficiência fotossintética e a taxa de respiração das plantas, com consequências no crescimento em DAP (Watling & Press, 2001; Cameron et al., 2008; Arruda et al., 2012). Em quase todos os plantios puros e consorciados em Linhares ocorreu a infestação por erva-de-passarinho e apenas nos plantios de enriquecimento na mata, as árvores cresceram bem.

O controle deve ser feito com a poda de galhos infestados e em situações onde se saiba que pode existir a infestação, recomenda-se uma baixa densidade de plantio (de 50 a 100 árvores/ha), sempre consorciada com outras espécies. Pode ser plantada a pleno sol, mas do ponto de vista silvicultural necessita de sombra parcial, desde o início do plantio, não só para estimular seu crescimento em altura, mas também para diminuir bifurcações, dar fustes mais retilíneos e melhorar o estado fitossanitário. Também é necessário cautela no uso desta espécie devido à alta mortalidade.

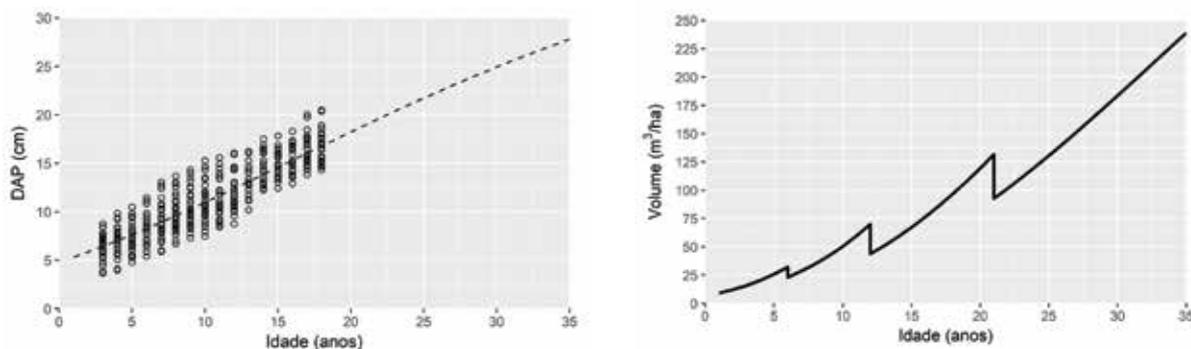
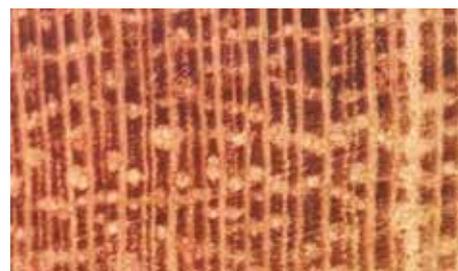


Figura 5. Crescimento em diâmetro de *Cordia trichotoma* em Linhares (ES), em consórcio com *Cariniana legalis* e *Bowdichia virgilioides*, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6 e 22 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e alburno distintos, cerne pardo claro e alburno bege, odor característico agradável, gosto levemente agradável, textura grossa, grã direita, brilho pouco contrastado.

#### Descrição Anatômica Macroscópica:

**Parênquima Axial:** visível apenas sob lente, apotraqueal difuso, paratraqueal escasso e eventualmente em faixa marginal. **Raios:** visíveis sem auxílio de lente nos planos transversal e longitudinal tangencial, fortemente contrastados no plano longitudinal radial, médios, muito poucos a poucos, não estratificados. **Vasos:** visíveis sem auxílio de lente, pequenos a médios, numerosos, porosidade difusa, solitários e múltiplos radiais (2-5 vasos), obstruídos por tiloses. **Camadas de Crescimento:** demarcadas pelo arranjo dos vasos ou por parênquimas em faixas marginais.

#### Propriedades Físicas e Mecânicas

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,595
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,480
Variação volumétrica (contração %)	22,13
Coefficiente de anisotropia	1,15
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	619,67
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	106,76
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	110,57
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	410,00 – 455,00

Ensaios conduzidos baseados no documento normativo ABNT 7190:1997

#### Trabalhabilidade e indicações de uso

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
boa	regular	ruim	muito ruim	ruim	ruim	ruim	boa	boa	13% aceita; 87% não aceita

Ensaios conduzidos baseados no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade média. Baixa anisotropia e baixa tendência a empenamentos e torcimentos. Dureza média. Indicada para usos estruturais leves, movelaria, postes, esquadrias, cabos de ferramentas e artefatos ou utensílios. Bom a regular comportamento na operação de aplainamento. Comportamento ruim em furações por brocas helicoidais e broca chata, gerando arrancamento de fibras e pequenos cavacos. Bom lixamento e bom rasgo lateral por fresa. A maior parte das amostras avaliadas não aceitou pregos, apresentando arrancamentos de fibras e fendilhamentos na porção inferior das amostras.





► *Tachigali vulgaris* L.G.Silva & H.C.Lima (Fabaceae)



**Distribuição:** o tachi-branco é uma espécie com distribuição na Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, onde ocorre principalmente em Minas Gerais e Bahia nas florestas estacionais e ombrófilas (Lima, 2015b). Durante muito tempo tem sido recomendada para carvoaria, o que inclusive originou um de seus nomes populares “carvoeiro”. É uma espécie atualmente negligenciada, mas estudos recentes têm valorizado seu potencial para usos madeireiros mais nobres (Orellana, 2015; Faria, 2016) e como composto para ser triturado e misturado ao cimento para uso na construção civil (Sousa et al., 2016).



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio puro (n=196 árvores) realizado em Linhares, no espaçamento 2x2 m, onde as árvores remanescentes aos 25 anos apresentaram fustes com boa forma, levemente inclinados e sanidade comprometida. A mortalidade foi igual a 13,3% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 90,41 \exp^{-5,12 I^{-0,5003}}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 25 anos, quando o volume é estimado em 255 m<sup>3</sup>/ha para 386 árvores/ha, com DAP médio de 32,5 cm e uma altura do fuste de 11,7 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 10,2 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 1,30 cm/ano e a biomassa estocada em 233 Mg/ha. O crescimento em Linhares é compatível com o citado por Carvalho (2003) e por Souza et al. (2008), mas existem citações de 30 cm de DAP aos 9 anos no Tapajós (PA), bem superiores aos registrados em Linhares (Yared, 1990). Existe grande variação no crescimento entre diferentes procedências, com alto potencial de ganhos de produtividade (Farias Neto & Castro, 1999). A madeira precisa ser melhor estudada, pois não tem uso no mercado atual, mas caso o seu uso seja popularizado é uma das espécies da Mata Atlântica com maior potencial de gerar madeira de árvores com DAP médio de 30 cm, antes dos 25 anos. A procedência plantada em Linhares é amazônica e para a Mata Atlântica deveriam ser testadas outras procedências, já que essa característica se mostra bem variável na espécie. Uma grande vantagem no uso desta espécie em silvicultura, principalmente nos plantios consorciados é que ela se associa com *Rhizobium*, fixando nitrogênio e incorporando grande quantidade de matéria orgânica (Faria et al., 1984; Brienza et al., 2009). Cresce bem a pleno sol e geralmente produz fustes com boa forma, mas precisa de manejo da desrama. Comporta-se bem em plantios de enriquecimento em sombra parcial (Souza et al., 2010).

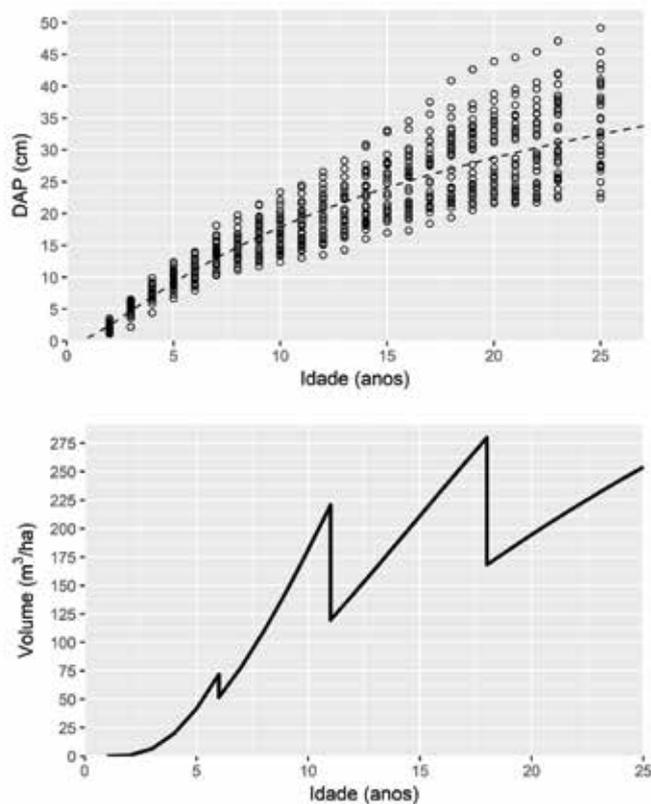


Figura 6. Crescimento em diâmetro de *Tachigali vulgaris* em Linhares (ES), em plantio puro, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 12 e 18 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e albarno indistintos, cerne castanho-rosado, odor característico, gosto indistinto, textura fina, grã irregular, brilho pouco contrastado.

**Descrição Anatômica Macroscópica:**

Parênquima Axial: visível apenas sob lente, paratraqueal escasso. Raios: pouco visíveis sem auxílio de lente no plano transversal e apenas sob lente no longitudinal tangencial, sem contraste no plano longitudinal radial, muito finos, numerosos, não estratificados. Vasos: visíveis sem auxílio de lente, pequenos a médios, numerosos, porosidade difusa, predominantemente solitários e múltiplos radiais (2-3 vasos), frequentemente obstruídos por substância branca e tiloses. Camadas de Crescimento: demarcadas por zonas fibrosas.

**Propriedades Físicas e Mecânicas**

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,711
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,585
Variação volumétrica (contração %)	11,40
Coefficiente de anisotropia	1,14
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	509,53
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	137,54
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	523,33
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	476,67 – 621,67

Ensaio conduzido baseado no documento normativo ABNT 7190:1997

**Trabalhabilidade e indicações de uso**

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
ruim	regular	ruim	ruim	regular	ruim	regular	regular	regular	56% aceita; 44% não aceita

Ensaio conduzido baseado no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de média densidade e boa estabilidade. Baixa dureza e trabalhabilidade difícil por alta geração de defeitos de arranca, sem tendência a torcimentos e empenamentos. Indicada para embalagens, caixotaria, usos sem necessidade de apelo estético. Baixa durabilidade e resistência a esforços. Comportamento ruim na utilização de máquinas e ferramentas de usinagem e trabalhabilidade, demandando cuidados maiores na escolha de lixas, brocas e fresas. Aceitação de pregos regular apresentando arrancamentos de fibras e cavacos em pouco menos da metade das amostras avaliadas.



► *Joannesia princeps* Vell. (Euphorbiaceae)



**Distribuição:** a boleira é uma espécie com distribuição nas florestas estacionais e ombrófilas da Mata Atlântica de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia (Cordeiro & Secco, 2015). É uma espécie sem tradição para produção de madeira, embora seja indicada para uso na marcenaria e caixotaria leve, sendo citada por Carvalho (2003) como de uso semelhante ao *Populus* sp. (álamo). Também produz celulose de alta qualidade (Barrichelo & Foelkel, 1975), o óleo das sementes possui propriedades antibacterianas e laxantes (Sousa et al., 2007) e também pode compor um aditivo para biodiesel (Souza, 2008).



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um teste de progênie realizado em Linhares (n=36 árvores por progênie), no espaçamento 3x2 m, onde as árvores remanescentes aos 17 anos apresentaram fustes com boa forma e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 0% até os 5 anos de idade: A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 44,59 \exp^{-2,32 I^{-0,3574}}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até os 25 anos, quando o volume é estimado em 212 m<sup>3</sup>/ha para 891 árvores/ha, com DAP médio de 21,4 cm e uma altura do fuste de 9,0 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 8,5 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,86 cm/ano e a biomassa estocada em 119 Mg/ha. O crescimento no arboreto da Ceplac na Bahia (Vinha & Lobão, 1989), também foi baixo, DAP igual a 9,0 cm aos 10 anos. Dados apresentados por Carvalho (2003) mostram taxas de crescimento muito superiores: DAP igual a 20 cm aos 10 anos, 30 cm aos 20 anos. Gurgel Filho et al. (1982b) cita DAP igual a 50 cm aos 26 anos, ou seja, é uma espécie potencial para produzir madeira antes dos 20 anos. Boleira é uma espécie com alta taxa de crescimento e o resultado obtido em Linhares pode ser considerado muito abaixo do esperado para a espécie, provavelmente devido à ausência de desbaste, dos 3 aos 10 anos e também após 15 anos. Observações empíricas na região mostram ainda melhor crescimento em solos mais arenosos do que aquele onde foi plantada. É uma pioneira de vida longa e cresce bem a pleno sol, mas bifurca-se com facilidade, necessitando de atenção nas desramas. Observações empíricas em áreas de regeneração mostram indivíduos com excelente forma e crescimento indicando que pode tolerar sombra em plantios de enriquecimento.

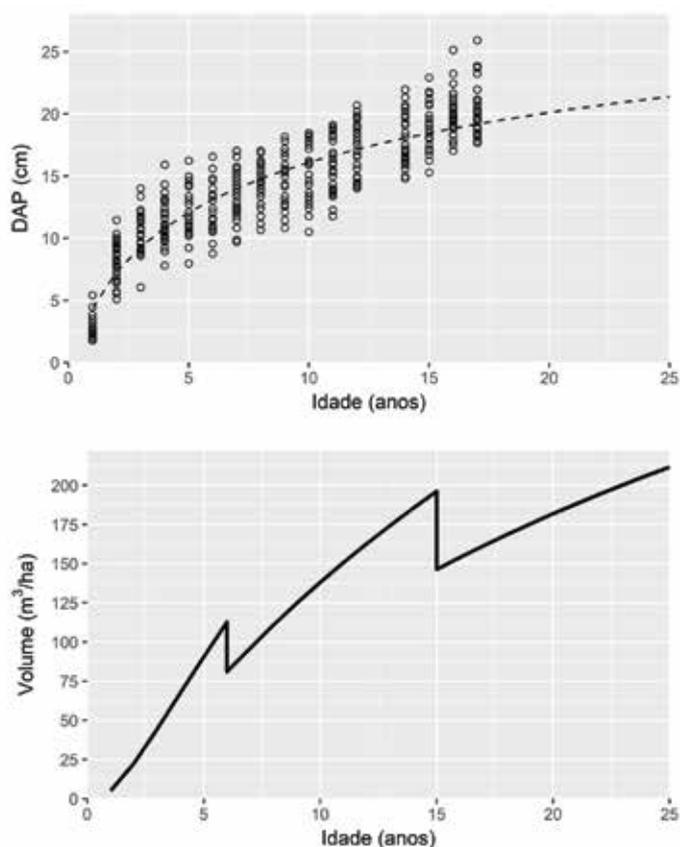


Figura 7. Crescimento em diâmetro de *Joannesia princeps* em Linhares (ES), em teste de progênies, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6 e 15 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e alburno indistinto, cor bege-esbranquiçado; odor não característico; gosto indistinto; textura média, grã direita, brilho pouco contrastado.

#### Descrição Anatômica Macroscópica:

**Parênquima Axial:** visível apenas sob lente, apotraqueal difuso em agregado formando linhas irregulares.

**Raios:** visíveis apenas sob lente nos planos transversal e longitudinal tangencial, sem contraste no plano longitudinal radial, finos, numerosos a muito numerosos, não estratificados. **Vasos:** visíveis sem auxílio de lente, médios a grandes, poucos, porosidade difusa, predominantemente solitários e múltiplos radiais (2-4 vasos).

**Camadas de Crescimento:** demarcadas por zonas fibrosas.

#### Propriedades Físicas e Mecânicas

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,408
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,321
Variação volumétrica (contração %)	7,79
Coefficiente de anisotropia	1,27
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	337,50
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	49,65
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	208,34
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	123,33 – 210,00

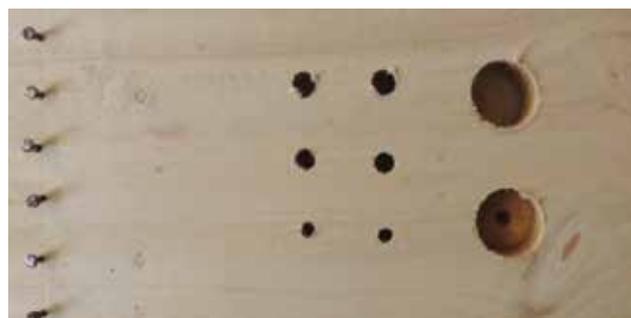
Ensaio conduzido baseado no documento normativo ABNT 7190:1997

#### Trabalhabilidade e indicações de uso

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
boa	regular	regular	ruim	ruim	ruim	muito ruim	excelente	regular	78% aceita; 22% não aceita

Ensaio conduzido baseado no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade baixa, com baixa tendência a torcimentos e empenamentos, indicada para uso não estrutural. Indicada para segmentos de embalagens, caixotarias, revestimentos sem necessidade de acabamento de excelente textura, eventualmente pode ser laminada. Baixa dureza apresentando marcas quando submetida a pequenos esforços. Baixa resistência física. Aplainamento bom somente na direção da grã ou de disposição das fibras ao longo da formação da madeira. Resultados ruins em testes de furação com brocas helicoidais e chatas. Excelente acabamento no lixamento, regular no teste de rasgo lateral. Boa aceitação de pregos.



➤ *Simarouba amara* Aubl. (Simaroubaceae)



**Distribuição:** A caxeta ou marupá tem distribuição nas florestas estacionais e ombrófilas do Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil (ES e RJ), além de Cerrado e Caatinga (Pirani & Thomas, 2015). É uma espécie explorada atualmente na Amazônia, sendo uma das mais comercializadas no Mato Grosso (Ribeiro et al., 2016).



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio de enriquecimento em floresta secundária realizado em Linhares (n=180 árvores), nos quais foram abertas faixas de 3 m de largura com espaçamento de 3 m na linha. As árvores remanescentes aos 33 anos apresentaram fustes com boa forma e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 5% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 43,98 \exp^{-2,34 \cdot \exp(-0,0587 I)}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 255 m<sup>3</sup>/ha para 384 árvores/ha, com DAP médio de 32,6 cm e uma altura do fuste de 11,7 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 7,3 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,93 cm/ano e a biomassa estocada em 164 Mg/ha. O crescimento obtido em Linhares aos 13 anos (DAP igual a 15 cm) é igual ao encontrado em Pernambuco na mesma idade (Carvalho, 2008). Na Bahia, no arboreto da Ceplac, Vinha & Lobão (1989) registraram DAP igual a 30,1 cm aos 16 anos, resultado muito superior ao obtido em Linhares. Geralmente necessita de desrama nos plantios a pleno sol, mas neste experimento de enriquecimento, o plantio na sombra favoreceu a boa forma do fuste e também pode ajudar a evitar o ataque de insetos no broto terminal quando plantada a céu aberto (Albrechtsen, 1975). Observa-se uma estagnação do crescimento entre 7 e 12 anos e entre 15 e 20 anos, provavelmente devido à competição no plantio em enriquecimento e ou pela sombra excessiva após os primeiros anos do plantio.

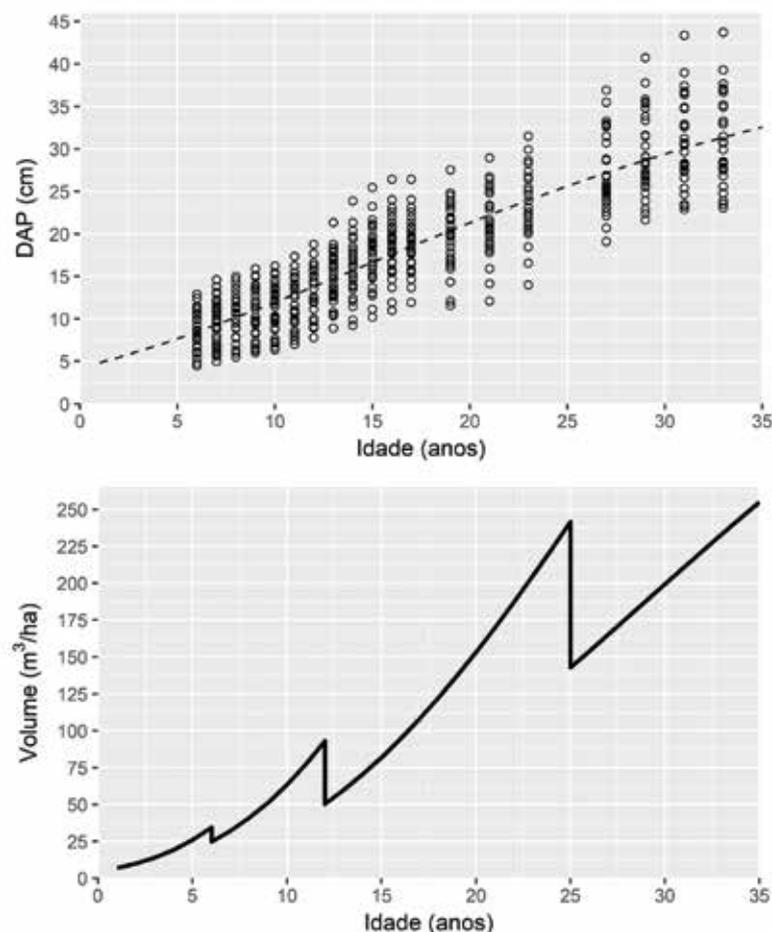


Figura 8. Crescimento em diâmetro de *Simarouba amara* em Linhares (ES), em plantio de enriquecimento, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 12 e 25 anos.



*Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa* (Hayne) Y.T.Lee & Langenh. (**Fabaceae**)



**Distribuição:** O jatobá ocorre em todos os biomas brasileiros, com exceção do Pampa, e em quase todos os estados (Lima & Pinto, 2015). Foi muito explorado na Mata Atlântica e ainda é explorado na região amazônica, como umas das madeiras de grande preferência no mercado.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio puro (n=196 árvores) realizado em Linhares, no espaçamento 2x2 m, onde as árvores remanescentes aos 24 anos apresentaram boa forma do fuste, com leve tortuosidade e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 7% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 47,67 \exp^{-4,08 I^{-0,5847}}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 242 m<sup>3</sup>/ha para 498 árvores/ha, com DAP médio de 28,6 cm e uma altura do fuste de 10,9 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 6,9 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,82 cm/ano e a biomassa estocada em 331 Mg/ha. Os resultados de crescimento em diâmetro obtidos em Linhares são semelhantes ou superiores aos relatados por Carvalho (2003) em diversos municípios de SP e PR. Gurgel Filho et al. (1982c) cita um DAP igual a 19 cm aos 27 anos, também inferior ao obtido em Linhares. Estudos de dendrocronologia (Andrade, 2015) mostram que em florestas naturais o jatobá pode levar 70 anos para atingir o DAP de 30 cm estimado no plantio com 35 anos. Embora em Linhares a forma do fuste seja boa, nos plantios a pleno sol geralmente produz fustes curtos e bifurcados, exigindo muita atenção no manejo das desramas, pelo menos nos primeiros 10 anos. Para ter fustes mais retilíneos necessita de sombra parcial, o que deve ainda estimular seu crescimento em altura. Mas é sensível ao sombreamento elevado, podendo diminuir o ritmo de crescimento em DAP e altura, como mostrado por Souza et al. (2010) em plantios aos 6 anos. Existem populações conservadas ex-situ em São Paulo (Siqueira & Nogueira 1992). Possui muita plasticidade, ocorrendo em diversos biomas, o que pode ser a uma causa de tanta variabilidade encontrada em diferentes plantios. Dessa maneira, necessita de muito cuidado na seleção de matrizes para coleta de sementes.

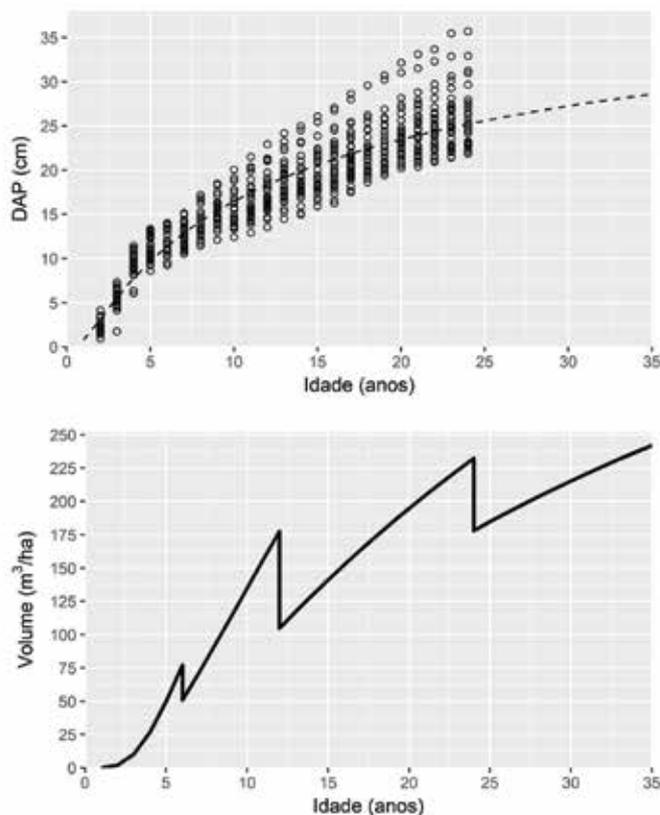


Figura 9. Crescimento em diâmetro de *Hymenaea courbaril* em Linhares (ES), em plantio puro, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 12 e 24 anos.



*Handroanthus serratifolius* (Vahl.) S. O. Grose (**Bignoniaceae**)



**Distribuição:** o ipê-amarelo é uma espécie que ocorre em áreas de floresta estacional e ombrófila na Mata Atlântica e Amazônia (Lohmann, 2015). É uma das espécies mais valiosas do mercado madeireiro atual, com produção legal oriunda da Amazônia.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um teste de espaçamento, onde as árvores remanescentes aos 28 anos apresentaram fustes com boa forma e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 7% até os 6 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 49,86 \exp^{-4,66 I^{-0,5405}}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 229 m<sup>3</sup>/ha aos 35 anos para 642 árvores/ha, com DAP médio de 25,2 cm e uma altura do fuste de 10,1 m. O IMA em volume nesta idade é estimado em 6,5 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,72 cm/ano e a biomassa estocada em 265 Mg/ha. Na Bahia, no arboreto da Ceplac, Vinha & Lobão (1989) registraram DAP igual a 2,5 cm aos 6 anos. Mantido o atual ritmo de crescimento o DAP médio alcançará 30 cm próximo dos 60 anos de idade, com cerca de 450 árvores/ha, embora alguns indivíduos já atinjam este DAP aos 30-35 anos. Indivíduos em floresta natural podem levar cerca de 70 anos para atingir 30 cm de DAP (Andrade, 2015). Seu alto valor e seu reconhecimento no mercado madeireiro justificam a espera deste longo tempo de crescimento, mas é provável que tenha melhor produtividade em solos mais férteis e em áreas de maior precipitação. A espécie apresenta uma grande plasticidade, recomendando muito cuidado na obtenção de sementes. Embora neste plantio monocultural a pleno sol não tenha ocorrido bifurcação e os fustes sejam bem retilíneos, Alencar & Araújo (1980) recomendam plantio com meia sombra, para estimular seu crescimento em altura.

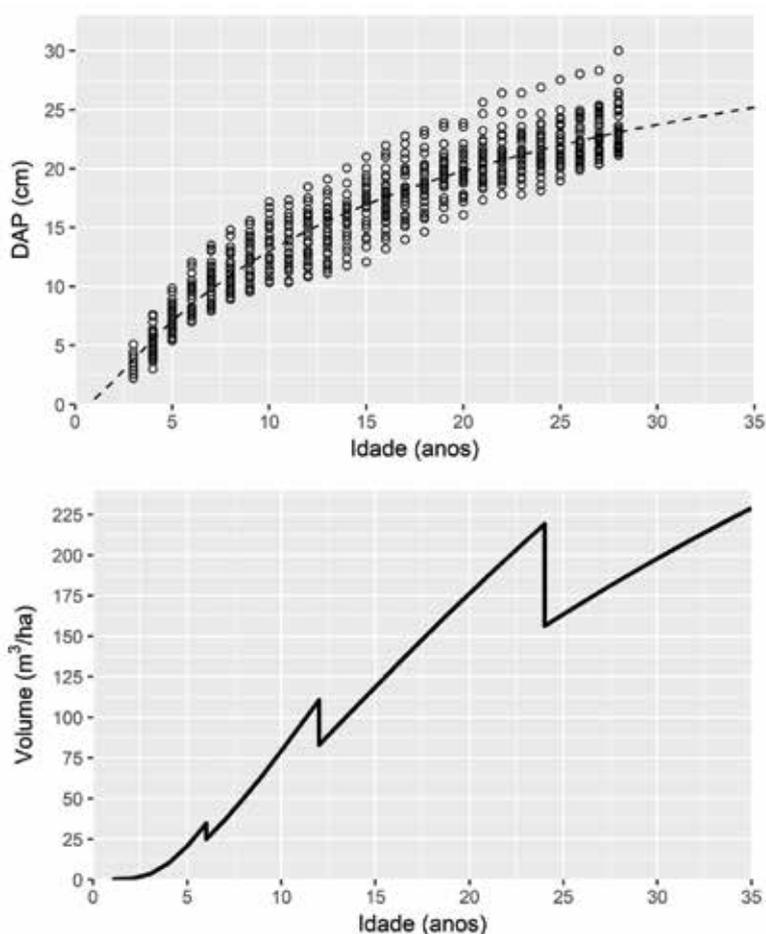
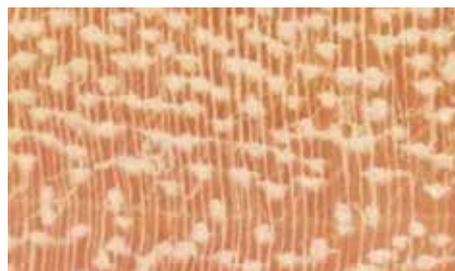


Figura 10. Crescimento em diâmetro de *Handroanthus serratifolius* em Linhares (ES), em teste de espaçamento, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 12 e 24 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e albarno indistinto, cor bege-amarelado, odor não característico, gosto indistinto, textura média, grã reversa, brilho não contrastado.

**Descrição Anatômica Macroscópica:**

Parênquima Axial: visível apenas sob lente, paratraqueal vasicêntrico, aliforme, confluyente formando pequenos arranjos oblíquos e ocasionalmente em faixas marginais finas. Raios: visíveis apenas sob lente no plano transversal e visíveis sem auxílio de lente no plano longitudinal tangencial, sem contraste no plano longitudinal radial, finos, poucos, estratificados. Vasos: visíveis apenas sob lente, pequenos, muito numerosos, porosidade difusa, solitários e múltiplos radiais (2-3 vasos). Camadas de Crescimento: demarcadas por zonas fibrosas e linhas de parênquimas em faixas marginais.

**Propriedades Físicas e Mecânicas**

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	1,027
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,799
Varição volumétrica (contração %)	19,14
Coefficiente de anisotropia	1,35
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	782,38
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	154,08
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	598,86
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	1113,33 – 1218,33

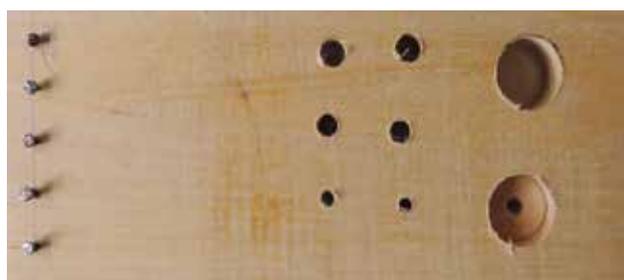
Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ABNT 7190:1997

**Trabalhabilidade e indicações de uso**

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
boa	boa	regular	regular	regular	boa	boa	boa	regular	100% não aceita

Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade alta e elevada dureza. Anisotropia baixa e pouca tendência a empenamentos e torcimentos. Indicada para usos como estruturas, construção civil, estacas e postes, pisos, esquadrias, revestimentos, cabos de ferramentas, artefatos e utensílios. Bom resultado no aplainamento. Apresentou dificuldade de furação por brocas helicoidais e boa furação com broca chata. Bom lixamento e regular comportamento na confecção de rasgo lateral com fresa. Muito ruim nos ensaios de inserção de pregos, gerando trincas e arrancamentos de pequenos cavacos principalmente na saída dos pregos passantes.



► *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae)



**Distribuição:** o aderne ou guaritá é uma espécie com ampla distribuição na Mata Atlântica e em alguns estados da região norte, em floresta estacional, ombrófila e cerrado (Silva-Luz & Pirani, 2015). Possui madeira de alta qualidade, muito requisitada no mercado e já foi muito explorada na Mata Atlântica. Outras espécies de *Astronium* também possuem madeira de alta qualidade: *A. concinnum*, *A. fraxinifolium* e *A. lecointei*, sendo que esta última, conhecida como muiracatiara, é a principal espécie do gênero disponível legalmente no mercado.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um consórcio com jequitibá-branco (*Cariniana estrelensis*, n=72 árvores por espécie), realizado em Linhares no espaçamento 3x2,5 m. As árvores remanescentes de *Astronium graveolens* aos 31 anos apresentaram boa forma do fuste e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 22% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 39,24 \exp^{-1,81 \cdot \exp(-0,03925 I)}$$

Os modelos mostram uma tendência do crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 227 m<sup>3</sup>/ha para 662 árvores/ha, com DAP médio de 24,8 cm e uma altura do fuste de 10,0 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 6,5 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,71 cm/ano e a biomassa estocada em 242 Mg/ha. Provavelmente a ausência de desbaste mais intenso dos 14 aos 19 anos afetou os resultados de crescimento. Não existem muitos dados disponíveis para comparação do crescimento da espécie, mas devido à grande quantidade de alburno na madeira (Carvalho, 2003) e ao baixo DAP estimado aos 35 anos é provável que a espécie precise de um ciclo de ao menos 45 a 50 anos, para conseguir maior rendimento de madeira de qualidade. Para chegar nessa idade há necessidade de pelo menos mais um desbaste, reduzindo a densidade para 440 árvores por hectare, obtendo DAP médio de 30 cm aos 50 anos. A alta mortalidade no início do plantio requer atenção. Pode ser plantada a pleno sol, mas do ponto de vista silvicultural necessita de sombra parcial, desde o início do plantio, não só para estimular seu crescimento em altura, mas também para diminuir bifurcações e dar fustes mais retilíneos. Em um teste de progênie a possibilidade de ganhos genéticos em DAP não é alta, devido à baixa herdabilidade (Araújo et al., 2014). Existem populações conservadas ex-situ em São Paulo (Siqueira & Nogueira 1992).

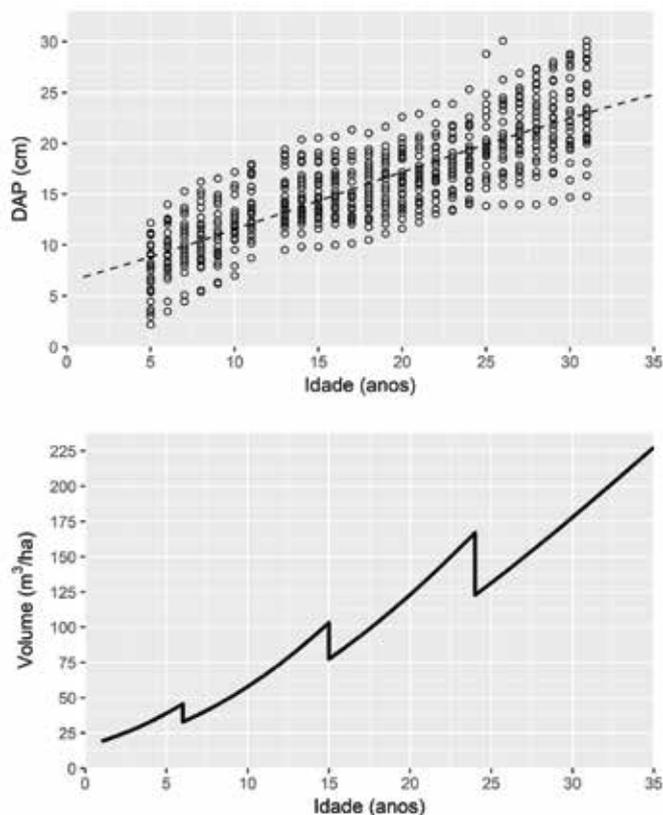
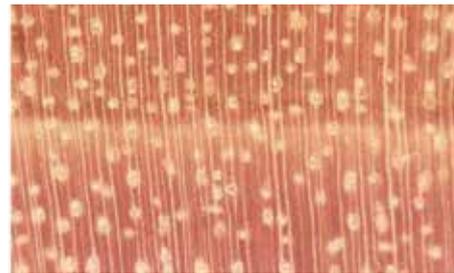


Figura 11. Crescimento em diâmetro de *Astronium graveolens* em Linhares (ES), em consórcio com *Cariniana estrelensis*, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 15 e 24 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e alburno distintos, cerne castanho-avermelhado e alburno amarelo claro; odor não característicos, gosto indistinto; grã irregular ligeiramente inclinada; textura fina, brilho não contrastado.

#### Descrição Anatômica Macroscópica:

**Parênquima Axial:** visível apenas sob lente, paratraqueal escasso. **Raios:** visíveis sem auxílio de lente nos planos transversal e longitudinal tangencial, sem contraste no plano longitudinal radial, finos a médios, poucos a numerosos, não estratificados. **Vasos:** visíveis sem auxílio de lente, pequenos a médios, numerosos, dispostos em anéis semi-porosos solitários e múltiplos radiais (2-5 vasos), obstruídos por tiloses. **Camadas de Crescimento:** delimitado por zona fibrosas e anéis semi-porosos.

#### Propriedades Físicas e Mecânicas

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,847
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,720
Varição volumétrica (contração %)	6,80
Coeficiente de anisotropia	1,54
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	622,28
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	106,94
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	179,50
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	980,00 – 1001,67

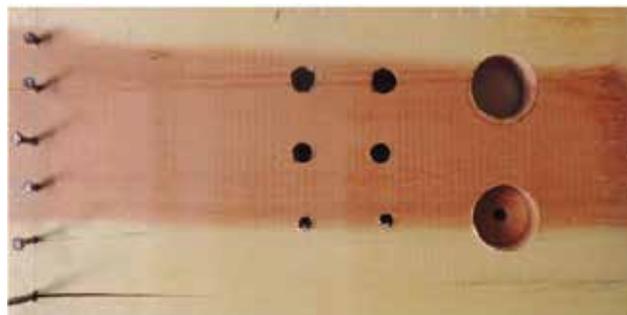
Ensaios conduzidos baseados no documento normativo ABNT 7190:1997

#### Trabalhabilidade e indicações de uso

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
excelente	boa	boa	boa	boa	regular	boa	boa	boa	6% aceita; 94% não aceita

Ensaios conduzidos baseados no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade média a alta, dureza alta, com baixa tendência a torcimentos e empenamentos, indicada para uso estrutural em construções, esquadrias, movelaria e pisos. Bom no fresamento lateral e bom a excelente acabamento com plainas e lixadeiras possibilitando revestimentos diversos. Bons resultados no uso de brocas helicoidais para furações e poucos defeitos em operações de furação com brocas chatas. Apresenta problemas com a inserção de pregos padrão de mercado, demandando elementos de ligação como pregos e parafusos de maior resistência ou pré-furação na inserção destes.





*Paratecoma peroba* (Record & Mell.) Kuhlm. (**Bignoniaceae**)



**Distribuição:** *Paratecoma peroba* é distribuída principalmente nas florestas ombrófilas e estacionais da Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro (Lohmann, 2015). Possui madeira de alta qualidade, muito requisitada no mercado e já foi muito explorada na Mata Atlântica. Vale ressaltar que *Paratecoma* é um gênero da família Bignoniaceae, enquanto outras espécies chamadas de peroba são do gênero *Aspidosperma*, da família Apocynaceae.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um consórcio com jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*) e ipê-felpudo (*Zeyheria tuberculosa*). O consórcio foi implantado no espaçamento 1,5x1,5 m, na proporção de duas árvores de peroba, duas de ipê felpudo e 1 de jacarandá. Foram realizados diversos desbastes não regulares e as árvores de peroba remanescentes aos 20 anos apresentaram boa forma do fuste, levemente tortuoso e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 11% até o ano 1. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 71,15 \exp^{-3,8343 I^{-0,3558}}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 35 anos quando o volume é estimado em 224 m<sup>3</sup>/ha para 701 árvores/ha, com DAP médio igual a 24,1 cm e altura do fuste igual a 9,8 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 6,4 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,69 cm/ano e a biomassa estocada em 217 Mg/ha. Existem citações de 17 cm de DAP para peroba aos 19 anos em consórcio com eucalipto (Kageyama & Castro, 1989), semelhante ao obtido neste estudo, entretanto é necessário entender melhor a diminuição do seu ritmo de crescimento em DAP após 15 anos. Provavelmente a ausência de desbastes mais intensos dos 14 aos 20 anos afetou os resultados de crescimento. Para melhorar o desempenho necessita de sombra parcial, desde o início do plantio, não só para estimular seu crescimento em altura, mas também para diminuir bifurcações e dar fustes mais retilíneos. É uma espécie de crescimento lento, com corte previsto aos 50 anos de idade (Coimbra-Filho, 1951).

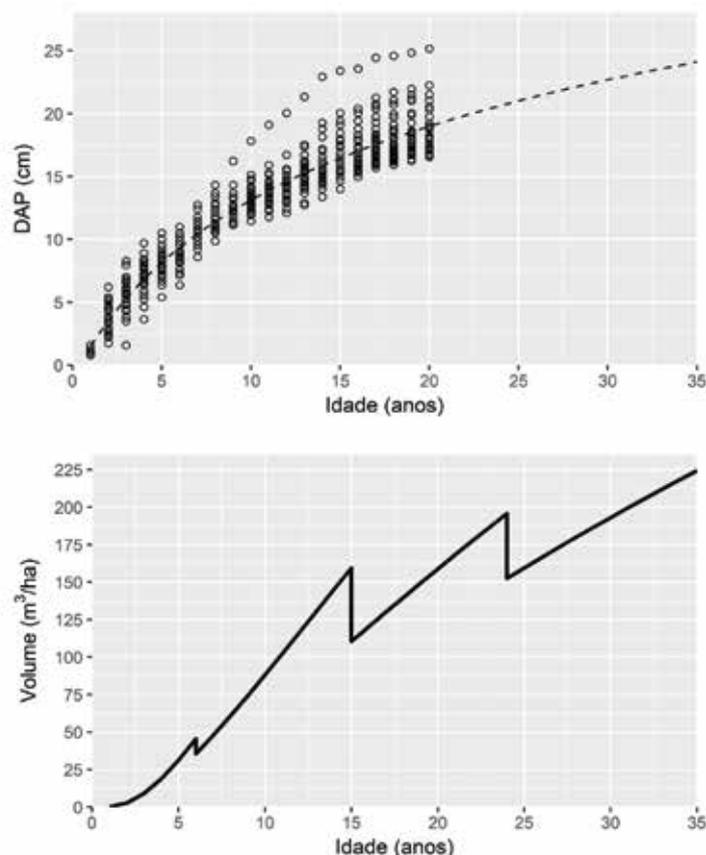
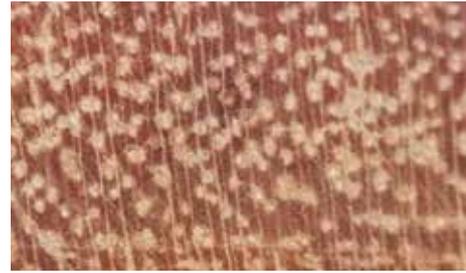


Figura 12. Crescimento em diâmetro de *Paratecoma peroba* em Linhares (ES), em consórcio com *Dalbergia nigra* e *Zeyheria tuberculosa*, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 15 e 24 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e alborno distinto, cerne castanho-amarelado com linhas mais escura e alborno brancoamarelado, odor não característicos, gosto pouco amargo, textura fina, grã direita, brilho pouco contrastado.

**Descrição Anatômica Macroscópica:**

Parênquima Axial: visível apenas sob lente, paratraqueal escasso, vasicêntrico e em faixa marginal. Raios: visíveis apenas sob lente nos planos transversal e longitudinal tangencial, pouco contrastado no plano longitudinal radial, finos, numerosos, estratificados. Vasos: visíveis apenas sob lente, muito pequenos a pequenos, numerosos, porosidade difusa, predominantemente solitários e múltiplos radiais (2-5 vasos), obstruídos por conteúdo tiloses. Camadas de Crescimento: demarcadas por zonas fibrosas e por parênquimas em faixas marginais.

**Propriedades Físicas e Mecânicas**

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,757
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,639
Varição volumétrica (contração %)	14,37
Coefficiente de anisotropia	1,20
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	888,38
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	164,41
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	523,13
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	688,33 – 820,00

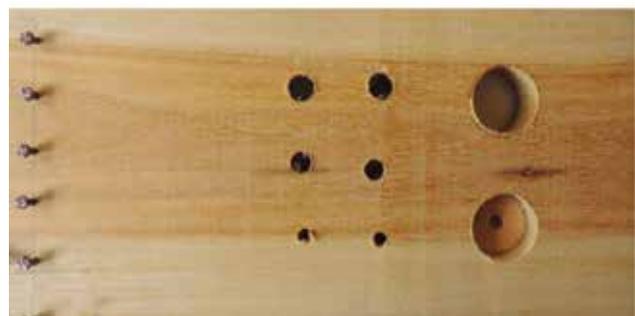
Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ABNT 7190:1997

**Trabalhabilidade e indicações de uso**

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
excelente	regular	regular	regular	boa	regular	boa	boa	boa	11% aceita; 89% não aceita

Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade média a alta, dureza média a alta, com baixíssima tendência a torcimentos e empenamentos, indicada para uso estrutural, usos aparentes de acabamentos na construção, movelaria, pisos e utensílios. Bom acabamento em plainas de corte periférico, lixadeiras e fresamentos laterais. Demanda cuidados em processos de furação devido sua alta dureza. São indicados elementos de ligação com maior resistência, pois o processo de inserção de pregos é difícil com materiais padrão de mercado.





## *Terminalia mameluco* Pickel (Combretaceae)



**Distribuição:** a pelada é uma espécie que ocorre em áreas de floresta estacional e ombrófila na Mata Atlântica de Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia, Pernambuco e Ceará (Marquete & Loiola, 2015). É uma espécie que já foi bastante explorada no Espírito Santo e Bahia, apesar de ser pouco conhecida no mercado.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio de enriquecimento em floresta secundária realizado em Linhares (n=180 árvores), nos quais foram abertas faixas de 3 m de largura com espaçamento de 3 m na linha. As árvores remanescentes aos 33 anos apresentaram fustes com boa forma e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 28% até os 6 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 31,74 \left( 1 + 168,87 \exp^{-1,6170 \ln(I)} \right)^{-1}$$

Os modelos mostram uma tendência de lento crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 208 m<sup>3</sup>/ha para 957 árvores/ha, com DAP médio de 20,6 cm e uma altura do fuste de 8,8 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 5,9 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,59 cm/ano e a biomassa estocada em 176 Mg/ha. Não foram encontrados dados de crescimento desta espécie. Na Bahia, no arboreto da Ceplac, Vinha & Lobão (1989) registraram para *Terminalia glabrescens* DAP médio igual a 11,9 cm aos 16 anos. Mantido o atual ritmo de crescimento o DAP médio alcançará 30 cm muito além dos 50 anos de idade, com cerca de 450 árvores/ha. A boa forma do fuste foi devido a seu plantio na mata, mas plantios a pleno sol também apresentaram em Linhares fustes de boa forma. A alta mortalidade no início do plantio requer atenção. Provavelmente seu crescimento foi limitado pela competição e pela sombra excessiva na mata após os primeiros anos do plantio. Ocorreu uma estagnação do crescimento principalmente dos 15 aos 18 e dos 21 aos 25 anos.

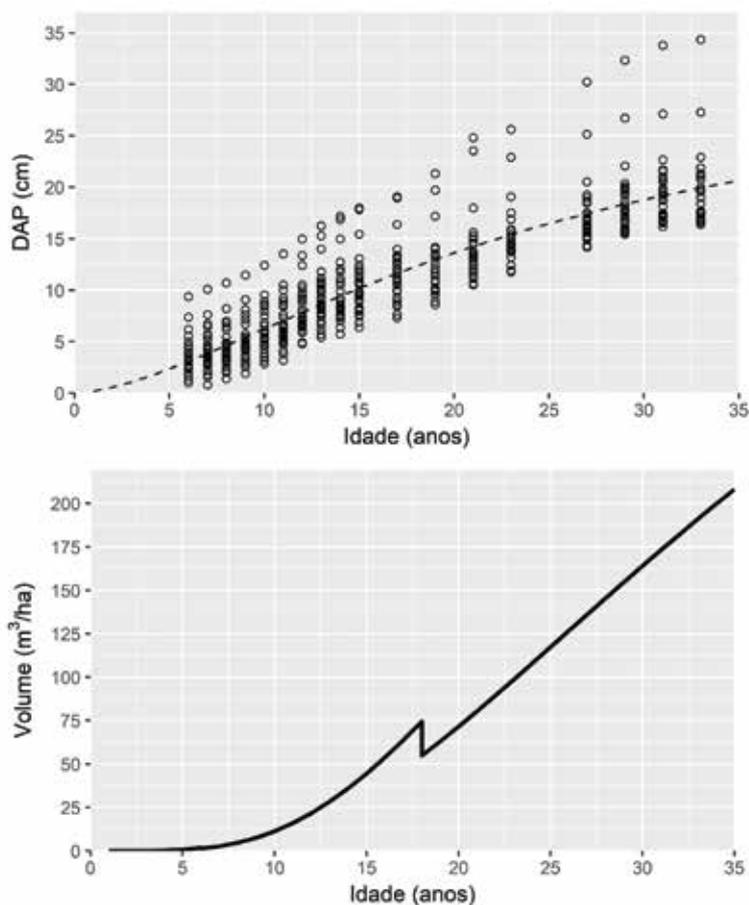
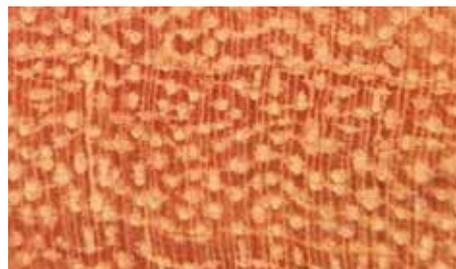


Figura 13. Crescimento em diâmetro de *Terminalia mameluco* em Linhares (ES), em plantio de enriquecimento, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6 e 18 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e alburno distintos, cerne pardo-acastanhado e alburno bege claro-amarelado, odor não característico, gosto indistinto, textura média, grã direita, brilho pouco contrastado.

### Descrição Anatômica Macroscópica:

**Parênquima Axial:** visível sem auxílio de lente, paratraqueal vasicêntrico, aliforme losangular, aliforme com extensão linear, confluyente e em faixa marginal. **Raios:** visíveis apenas sob lente nos planos transversal e longitudinal tangencial, pouco contrastado no plano longitudinal radial, muito finos, numerosos, não estratificados. **Vasos:** visíveis apenas sob lente, pequenos, muito numerosos, porosidade difusa, predominantemente solitários e múltiplos tangenciais e oblíquos (2-4 vasos). **Camadas de Crescimento:** demarcadas por zonas fibrosas e por parênquimas em faixas marginais finas.

### Propriedades Físicas e Mecânicas

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,645
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,540
Variação volumétrica (contração %)	8,77
Coefficiente de anisotropia	1,68
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	782,46
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	109,31
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	489,26
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	500,00 – 715,00

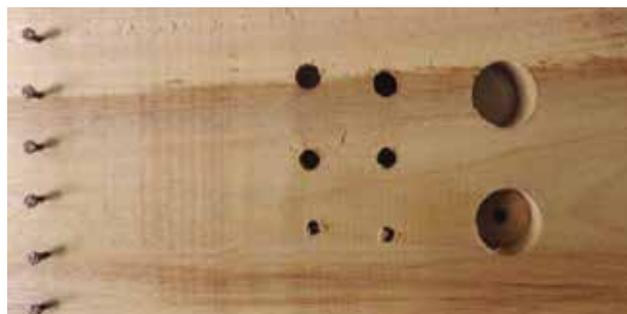
Ensaios conduzidos baseados no documento normativo ABNT 7190:1997

### Trabalhabilidade e indicações de uso

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
excelente	boa	regular	ruim	regular	regular	boa	boa	boa	100% não aceita

Ensaios conduzidos baseados no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade média a alta. Média anisotropia e alguma tendência a empenamentos. Dureza média a alta. Indicada para usos estruturais leves, carpintaria, movelaria, postes, estacas, cabos de ferramentas e utensílios. Bom a excelente aplainamento. Comportamento em furações por brocas helicoidais regular a ruim e por brocas chata regular a bom. Bom lixamento e bom rasgo lateral por fresa. Difícil inserção de pregos, exigindo pré-furação ou pregos especiais.





*Manilkara longifolia* (A.DC.) Dubard (**Sapotaceae**)



**Distribuição:** A massaranduba ou parajú tem distribuição nas florestas estacionais e ombrófilas da costa atlântica do Paraná ao Espírito Santo (Almeida, 2015). Espécies desse gênero são geralmente de grande tradição madeireira e atualmente muito exploradas na Amazônia. Existem dúvidas taxonômicas sobre essa espécie que ocorre em Linhares: pode tratar-se de uma espécie nova (TD Penn. com pessoal ao Herbário CVRD).



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio puro (n=196 árvores) no espaçamento 2x2 m, onde as árvores remanescentes aos 25 anos apresentaram fustes com boa forma e sanidade. A mortalidade foi igual a 2,5% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 25,25 \exp^{-9,59 I^{-1,0455}}$$

Os modelos mostram uma estagnação de lento crescimento a partir de 15 anos, sendo estimado aos 35 anos um volume de 205 m<sup>3</sup>/ha para 1018 árvores/ha, com DAP médio de 20,0 cm e uma altura do fuste de 8,6 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 5,9 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,57 cm/ano e a biomassa estocada em 243 Mg/ha. Não existem dados de crescimento para comparação, mas as espécies de massaranduba são em geral de crescimento lento. A espécie *Manilkara longifolia* apresentou DAP igual a 4,6 cm aos 11 anos no arboreto da Ceplac na Bahia (Vinha & Lobão, 1989). Em Linhares a espécie apresentou excelente crescimento inicial, com DAP médio de 1 cm ao ano até 15 anos, quando se iniciou um declínio na taxa de crescimento. A ausência de desbastes adequados dos 14 aos 17 anos pode ter interferido nos resultados e o desbaste executado aos 17 anos deveria ter sido mais intenso. Uma análise apenas com os dados de crescimento até 14 anos estima um DAP de 24 cm aos 35 anos, um resultado bem superior ao encontrado. A espécie parece recuperar o crescimento apenas aos 25 anos. Outro fator que pode estar interferindo nos resultados é que alguns indivíduos de outra espécie semelhante (*Manilkara elata* (Allemão ex Miq.) Monach), de menor porte, podem ter sido misturados no plantio (observação pessoal). Plantios em sombra parcial podem estimular seu crescimento em altura e garantir a boa forma do fuste.

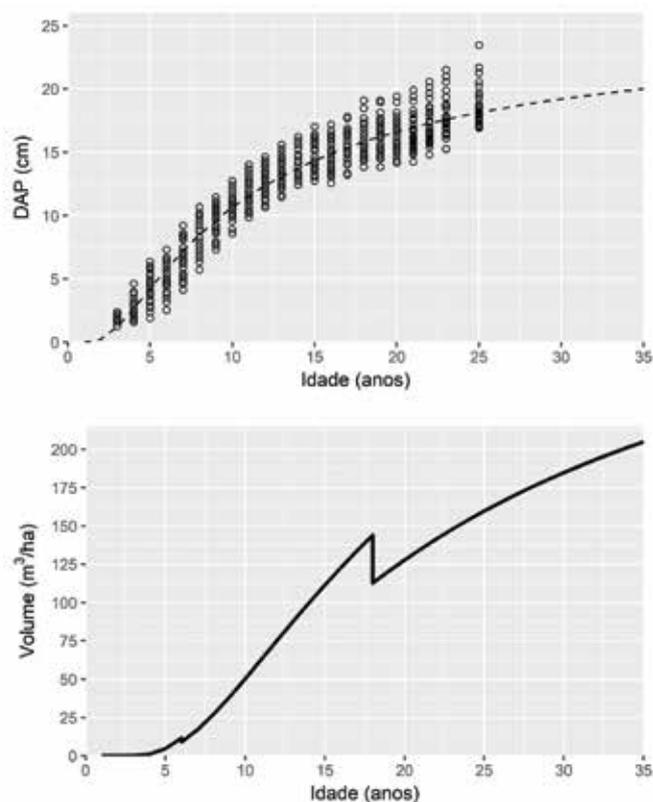


Figura 14. Crescimento em diâmetro de *Manilkara longifolia* em Linhares (ES), em plantio puro, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6 e 18 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e alburno distintos, cerne róseo-acastanhado e alburno mais claro, odor não característico, gosto indistinto, textura fina a média, grã direita, brilho não contrastado.

**Descrição Anatômica Macroscópica:**

Parênquima Axial: visível apenas sob lente, apotraqueal difuso em agregado e em linhas. Raios: visíveis apenas sob lente nos planos transversal e longitudinal tangencial, sem contraste no plano longitudinal radial, muito finos, numerosos, não estratificados. Vasos: visíveis apenas sob lente, muito pequenos a pequenos, numerosos, porosidade difusa, predominantemente múltiplos radiais (2-6 vasos), ocasionalmente solitários, obstruídos por tiloses. Camadas de Crescimento: demarcadas por zonas fibrosas.

**Propriedades Físicas e Mecânicas**

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	1,003
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,829
Variação volumétrica (contração %)	15,47
Coefficiente de anisotropia	1,69
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	846,39
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	99,50
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	602,83
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	1018,33 – 1113,33

Ensaios conduzidos baseados no documento normativo ABNT 7190:1997

**Trabalhabilidade e indicações de uso**

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
boa	regular	boa	regular	boa	boa	boa	boa	excelente	100% não aceita

Ensaios conduzidos baseados no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de alta densidade e dureza. Estabilidade regular, pode sofrer empenamentos. Indicada para usos estruturais ou que demandam grande resistência e/ou dureza, construção civil, construções rurais, assoalhos e outros pisos maciços. Também pode ser utilizada como cabo de ferramentas e utensílios. Aplainamento difícil quando trabalhada contra a grã ou disposição preferencial das fibras ao longo da formação da madeira, principalmente em porções de cerne. Furação de facilidade regular a boa. Boa no lixamento e excelente acabamento na avaliação do rasgo lateral por fresamento. Difícil inserção de pregos, necessitando pré-furação ou elementos especiais para união de suas peças.





*Astronium concinnum* (Engl.) Schott (**Anacardiaceae**)



**Distribuição:** o gonçalo-alves ou guaribu-preto é uma espécie com distribuição principal do sul da Bahia ao norte do Rio de Janeiro e Minas Gerais, em florestas ombrófilas e estacionais da Mata Atlântica (Silva-Luz & Pirani, 2015). Possui madeira de alta qualidade, muito requisitada no mercado e já foi muito explorada na Mata Atlântica. Outras espécies de *Astronium* também possuem madeira de alta qualidade: *A. graveolens*, *A. fraxinifolium* e *A. lecointei*, sendo que esta última, conhecida como muiracatiara, é a principal espécie do gênero disponível legalmente no mercado.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio puro (n=196 árvores) realizado em Linhares, no espaçamento 2x2 m. As árvores remanescentes aos 22 anos apresentaram fustes com boa forma, mas sanidade comprometida. A mortalidade foi igual a 2% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 23,66 \exp^{-3,99 I^{-0,8775}}$$

Os modelos mostram uma tendência de estagnação do diâmetro após 15 anos, sendo estimado aos 35 anos um volume de 204 m<sup>3</sup>/ha para 1036 árvores/ha, com DAP médio de 19,8 cm e uma altura do fuste de 8,6 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 5,8 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,57 cm/ano e a biomassa estocada em 197 Mg/ha. Existem poucas informações sobre crescimento de espécies de *Astronium*, mas essa estagnação observada em Linhares não é esperada, podendo ser devido à falta de desbastes dos 15 aos 25 anos e também porque muitos plantios dessa espécie na Reserva foram atacados pelo coleóptero serrador do gênero *Oncideres* (Jesus et al., 1992, veja discussão em *Cordia trichotoma*). A espécie apresenta em alguns plantios comprometimento fitossanitário devido a parasitismo por ervas de passarinho (veja discussão também em *Cordia trichotoma*). Carvalho (2010) cita DAP de 25 cm aos 20 anos em MG, bem superiores ao encontrado em Linhares. É necessário cautela nas estimativas de crescimento dessa espécie, pois o modelo de crescimento não permite uma análise robusta, mas é provável que alcance produtividade bem superior ao encontrado em Linhares. Pode ser plantada a pleno sol, mas do ponto de vista silvicultural necessita de sombra parcial, desde o início do plantio, não só para estimular seu crescimento em altura, mas também para diminuir bifurcações, dar fustes mais retilíneos e minimizar o ataque do coleóptero serrador e parasitismo de ervas de passarinho.

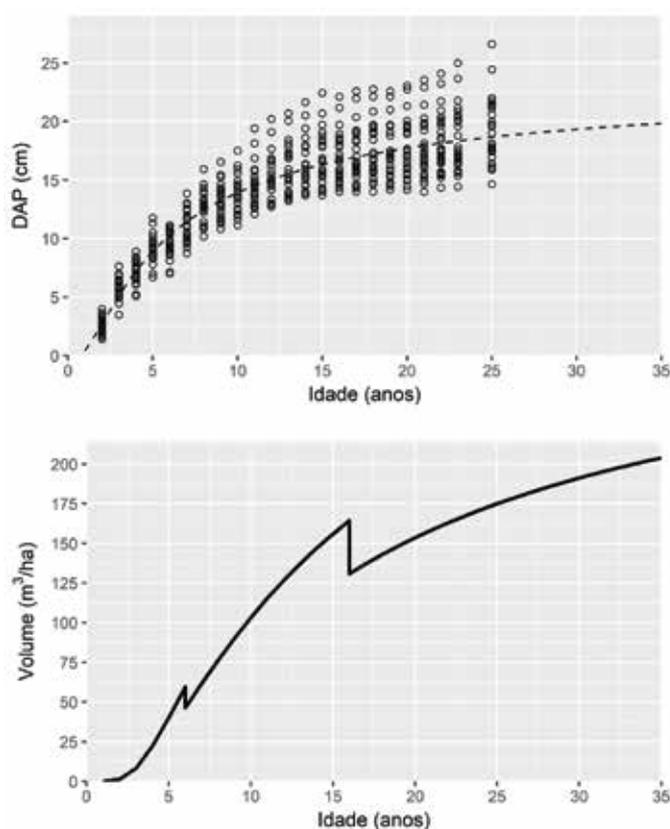


Figura 15. Crescimento em diâmetro de *Astronium concinnum* em Linhares (ES), em plantio puro, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6 e 16 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e albarno distintos, cerne castanho-rosado com veios enegrecidos e albarno amarelo claro, odor característico, gosto indistinto, textura média, grã direita a irregular, brilho pouco contrastado.

### Descrição Anatômica Macroscópica:

**Parênquima Axial:** visível sem auxílio de lente, paratraqueal escasso e em faixas marginais. **Raios:** visíveis apenas sob lente nos planos transversal e longitudinal tangencial, sem contraste no plano longitudinal radial, finos, pouco numerosos a numerosos, não estratificados, canais secretores radiais presentes. **Vasos:** visíveis apenas sob lente, pequenos a médios, pouco numerosos, porosidade difusa, predominantemente solitários e múltiplos radiais (2-3 vasos). **Camadas de Crescimento:** demarcadas por zonas fibrosas e parênquima em faixas marginais.

### Propriedades Físicas e Mecânicas

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,838
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,639
Variação volumétrica (contração %)	14,84
Coefficiente de anisotropia	1,03
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	665,39
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	93,72
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	138,73
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	632,00 – 644,00

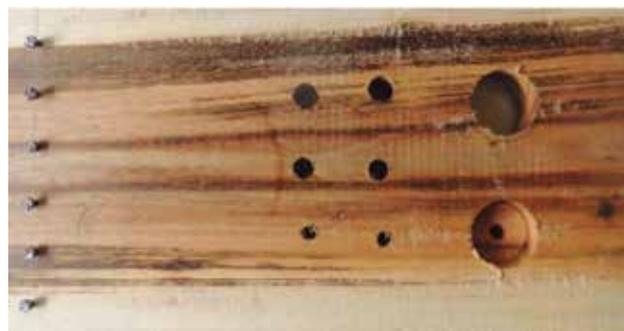
Ensaio conduzido baseado no documento normativo ABNT 7190:1997

### Trabalhabilidade e indicações de uso

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
excelente	boa	regular	regular	regular	regular	regular	boa	boa	39% aceita; 61% não aceita

Ensaio conduzido baseado no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade média a alta. Baixa anisotropia e pouca tendência a empenamentos. Dureza média a alta. Indicada para usos estruturais, carpintaria, movelaria rústica, pisos, postes, estacas, cabos de ferramentas e utensílios. Bom a excelente aplainamento. Comportamento regular em furações por brocas helicoidais e regular em brocas chatas. Bom lixamento e bom rasgo lateral por fresa. A maioria das amostras avaliadas apresentou problemas na inserção de pregos tanto na porção de albarno como no cerne mais escuro e avermelhado, principalmente na porção inferior das amostras avaliadas onde ocorreram fendilhamentos e arrancamento de pequenos cavacos na saída dos pregos passantes.





*Aspidosperma pyricollum* Müll. Arg. (Apocynaceae)



**Distribuição:** O pequiá-sobre ou guatambú-vermelho tem distribuição nas florestas estacionais e ombrófilas da Mata Atlântica do Nordeste, Sudeste e Sul (Koch et al., 2015). É uma das várias espécies do gênero *Aspidosperma*, valorizadas tradicionalmente no mercado madeireiro e que foram muito exploradas na Mata Atlântica (Milanez, 1939). Além disso as espécies deste gênero possuem amplo uso na medicina popular, pois de suas folhas e cascas se extrai importante alcaloide, algumas em estudo para tratamento de febres e doenças como malária e leishmaniose (Oliveira et al., 2009; Chierrito et al., 2014).



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um teste de espaçamento, onde as árvores remanescentes aos 22 anos apresentaram fustes com boa forma e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 5% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 53,88 (1 - \exp^{-0,0348 \cdot I^{0,7192}})$$

Os modelos mostram uma tendência de lento crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 202 m<sup>3</sup>/ha para 1072 árvores/ha, com DAP médio de 19,5 cm e uma altura do fuste de 8,4 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 5,8 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,56 cm/ano e a biomassa estocada em 225 Mg/ha. Não foram encontrados dados de crescimento desta espécie, mas é bastante lento, como em geral para outras espécies de Aspidosperma. Mantido o atual ritmo de crescimento o DAP médio alcançará 30 cm muito além dos 50 anos de idade, com cerca de 450 árvores/ha. Plantios em sombra parcial podem estimular seu crescimento em altura, garantindo a excelente forma do fuste.

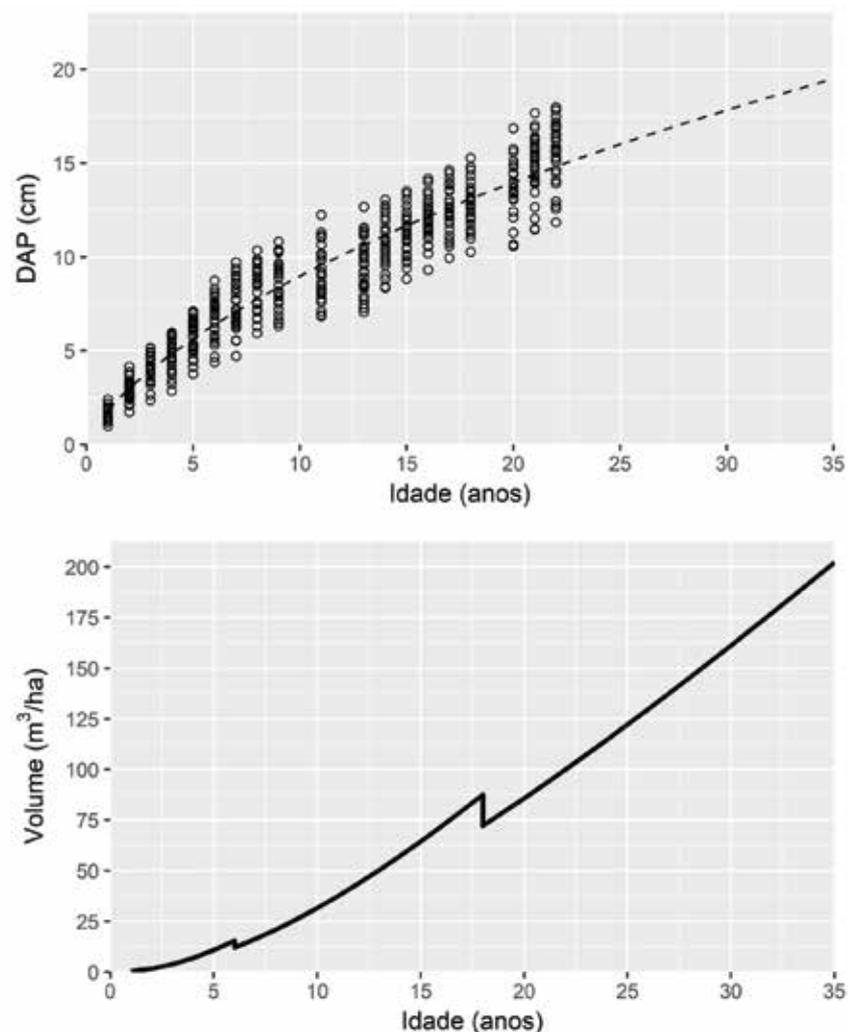
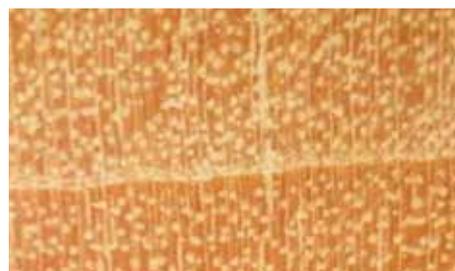


Figura 16. Crescimento em diâmetro de *Aspidosperma pyricollum* em Linhares (ES), em teste de espaçamento, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6 e 18 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e albarno pouco distintos, cerne amarelado e albarno amarelo claro, odor não característico, gosto indistinto, textura fina, grã oblíqua, brilho pouco contrastado.

**Descrição Anatômica Macroscópica:**

Parênquima Axial: visível apenas sob lente, apotraqueal difuso em agregados e paratraqueal escasso. Raios: visíveis apenas sob lente nos planos transversal e longitudinal tangencial, sem contraste no plano longitudinal radial, finos, numerosos, não estratificados. Vasos: visíveis apenas sob lente, muito pequenos, extremamente numerosos, porosidade difusa, predominantemente solitários. Camadas de Crescimento: demarcadas zonas fibrosas.

**Propriedades Físicas e Mecânicas**

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,940
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,765
Varição volumétrica (contração %)	16,34
Coefficiente de anisotropia	1,39
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	1182,26
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	167,53
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	694,83
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	918,33 – 1135,00

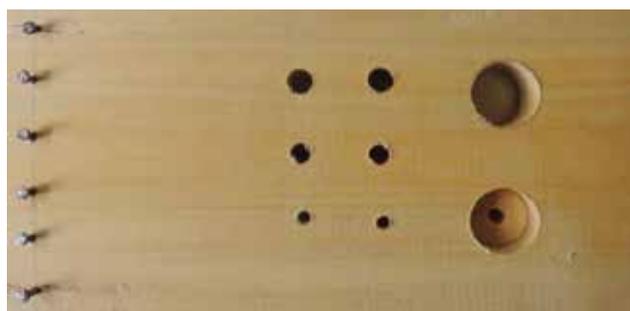
Ensaio conduzido baseado no documento normativo ABNT 7190:1997

**Trabalhabilidade e indicações de uso**

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
boa	regular	regular	regular	regular	boa	boa	regular	boa	100% não aceita

Ensaio conduzido baseado no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade média a alta e alta dureza. Baixa anisotropia e muito pouca tendência a empenamentos e torcimentos. Indicada para usos estruturais, movelaria, pisos maciços, assoalhos, revestimentos, esquadrias, cabos de ferramentas e utensílios. Bom a regular comportamento no aplainamento. Comportamento regular em furações por brocas helicoidais e bom com broca chata. Lixamento regular e bom rasgo lateral por fresa. Todas as amostras avaliadas apresentaram problemas na inserção de pregos, sendo percebidos fendilhamentos e rupturas principalmente na saída dos pregos passantes na superfície inferior das amostras.





*Clarisia racemosa* Ruiz & Pav. (Moraceae)



**Distribuição:** a oitica ou guariúba é uma espécie que ocorre em áreas de floresta estacional e ombrófila na Mata Atlântica e Amazônia (Romaniuc Neto et al., 2015). Essa espécie é atualmente uma das mais comercializadas no estado do Acre (Silva et al., 2015), atrativa pelo amarelo natural da madeira e tem grande aceitação no mercado, tanto para serraria como laminados.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio consorciado com *Leucena leucocephala* (n=72 árvores por espécie), realizado em Linhares no espaçamento 3x2,5 m. As árvores remanescentes aos 16 anos apresentaram fustes curtos, mas boa sanidade. A mortalidade foi igual a 53% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 36,23 \exp^{-4,92 \cdot \exp(-0,1038 I)}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 35 anos, sendo estimado aos 35 anos um volume de 253 m<sup>3</sup>/ha para 403 árvores/ha, com DAP médio de 31,8 cm e uma altura do fuste de 11,6 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 7,2 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,91 cm/ano e a biomassa estocada em 231 Mg/ha. No plantio em Linhares esse volume de madeira está superestimado, pois os fustes são curtos e a espécie precisa ser melhor conduzida com desramas apropriadas para alcançar a altura e conseqüentemente o volume estimado pelo modelo. O experimento foi encerrado aos 16 anos devido à alta taxa de bifurcação e mortalidade, mas as 31 árvores de melhor crescimento nessa idade apresentaram um DAP médio de 14 cm, um resultado bastante promissor, que é confirmado pelo modelo para a idade de 35 anos. Entretanto, Loureiro et al. (1979) cita DAP de apenas 5,8 cm aos 13 anos em Manaus e devido a esta baixa taxa de crescimento Alencar & Araújo (1980) não recomendam essa espécie para plantios na Amazônia. A espécie pode apresentar períodos de estagnação do crescimento na floresta natural (Silva et al., 2002) e é pouco conhecida em plantios, devendo ser incluída em modelos de plantios mistos, apenas em muito baixa densidade de árvores, até que se conheça um pouco melhor seu comportamento silvicultural. É muito suscetível a bifurcações em plantios a pleno sol, devendo ser plantada em sombra parcial, preferencialmente em plantios de enriquecimento, o que pode estimular o crescimento em altura, mas não dispensa desramas artificiais, que deve ser uma das prioridades para manejo desta espécie.

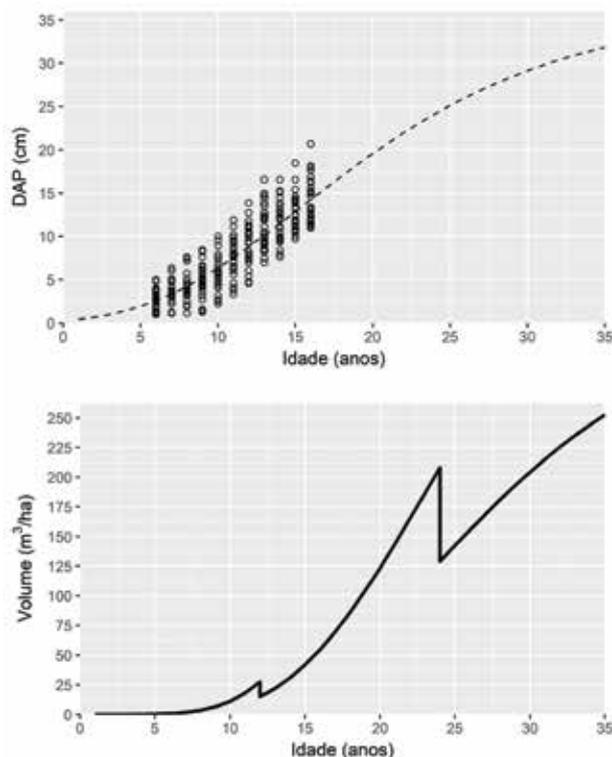
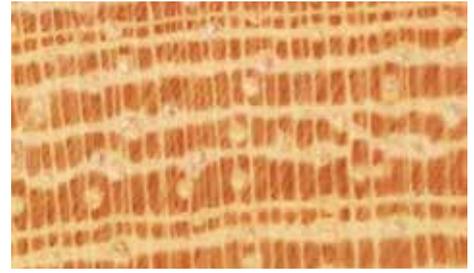


Figura 17. Crescimento em diâmetro de *Clarisia racemosa* em Linhares (ES), em plantio consorciado, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m com desbastes aos 6, 12 e 24 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e alburno distintos, cerne amarelo intenso com feixes mais claros, alburno brancoamarelado, odor não característico, gosto indistinto, textura média a grossa, grã de regula a irregular, brilho muito contrastado.

**Descrição Anatômica Macroscópica:**

Parênquima Axial: visível sem auxílio de lente, paratraqueal aliforme com extensão linear, confluyente, ocasionalmente vasicêntrico e em faixas. Raios: visíveis sem auxílio de lente no plano transversal no plano longitudinal tangencial, contrastado no plano longitudinal radial, finos, numerosos, não estratificados. Vasos: visíveis sem auxílio de lente, pequenos à médios, poucos, porosidade difusa, predominantemente solitários e ocasionalmente geminados em arranjo tangencial. Camadas de Crescimento: demarcadas por zonas fibrosas.

**Propriedades Físicas e Mecânicas**

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,708
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,587
Variação volumétrica (contração %)	8,76
Coefficiente de anisotropia	1,12
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	821,19
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	117,36
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	352,53
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	658,33 – 832,00

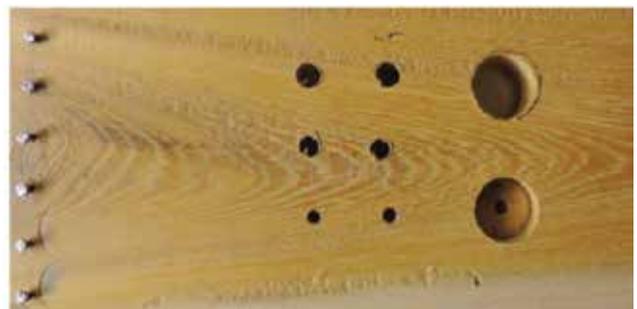
Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ABNT 7190:1997

**Trabalhabilidade e indicações de uso**

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
boa	regular	regular	regular	regular	boa	regular	boa	boa	100% não aceita

Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade média a alta, dureza média a alta, com baixíssima tendência a torcimentos e empenamentos, indicada para uso estrutural e também pisos e revestimentos. A tonalidade clara e amarelada permite tingimentos e acabamentos diversos em usos aparentes como movelaria, esquadrias, revestimentos e utensílios. Bom acabamento em plainas quando trabalhada na direção a favor da grã, pois em cortes contra a disposição das fibras ao longo da formação da madeira ocorreram maiores defeitos.



Bom acabamento no lixamento e no rasgo lateral por fresa. Em geral apresentou certa dificuldade nas furações feitas com brocas helicoidais e também brocas chatas. Inserção de pregos dificultada apresentando rachaduras na saída de praticamente todos os pregos.

► *Bowdichia virgilioides* Kunth (Fabaceae)



**Distribuição:** a sucupira-preta ou macanaíba-pele-de-sapo, é uma espécie com distribuição na Amazônia, Cerrado, Caatinga, Pantanal e Mata Atlântica, onde ocorre principalmente na Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais e São Paulo nas florestas estacionais e ombrófilas (Lima & Cardoso, 2015). As grandes árvores na floresta atlântica foram muito exploradas devido ao seu alto valor madeireiro. O seu óleo essencial mostra atividade contra diversos microorganismos patogênicos do gênero *Candida* (Almeida et al., 2006). A outra espécie do gênero, com ocorrência exclusiva na Amazônia, *Bowdichia nitida*, também é muito valorizada no mercado madeireiro atual.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um teste de espaçamento, onde as árvores remanescentes aos 20 anos apresentaram fustes curtos, levemente inclinados e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 26% até os 7 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 83,54 \left(1 + 42,02 \exp^{-0,8551 \ln(I)}\right)^{-1}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 239 m<sup>3</sup>/ha para 529 árvores/ha, com árvores de DAP médio de 27,8 cm e uma altura do fuste de 10,7 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 6,8 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,79 cm/ano e a biomassa estocada em 255 Mg/ha. No plantio em Linhares esse volume de madeira está superestimado, pois os fustes são curtos e a espécie precisa ser melhor conduzida com desramas apropriadas para alcançar a altura e conseqüentemente o volume estimado pelo modelo. O crescimento citado por Carvalho (2006), DAP igual a 11,4 cm aos 14 anos na Bahia, é inferior ao encontrado em Linhares, 13,8 cm. Na Bahia, no arboreto da Ceplac, Vinha & Lobão (1989) registraram DAP igual a 9,9 cm aos 11 anos, também inferior. Ferreira et al. (2016), em plantio de restauração, observaram DAP médio de 17,8 cm aos 16 anos, em substrato pobre e degradado. Uma grande vantagem no uso desta espécie em silvicultura, principalmente nos plantios consorciados é que se associa com *Rhizobium*, fixando nitrogênio (Faria et al., 1984). Nos plantios homogêneos em Linhares, o crescimento estagnou seu crescimento devido à ausência de desbastes, comprometendo o desempenho geral da espécie. Mas apresentou melhores formas de fuste em plantios à sombra. É muito suscetível a bifurcações e apresenta fustes tortuosos em plantios a pleno sol, devendo ser incluídas preferencialmente em plantios de enriquecimento, que podem estimular seu crescimento em altura, como no caso da foto na página anterior, com fuste longo embora levemente inclinado. Mesmo assim, necessita de desramas periódicas, que deve ser uma das prioridades para manejo desta espécie. A alta mortalidade no início do plantio requer atenção. Possui muita plasticidade, ocorrendo em diversos biomas, em solos pobres e diversos climas, e necessita de muito cuidado na seleção de procedências para uso em silvicultura.

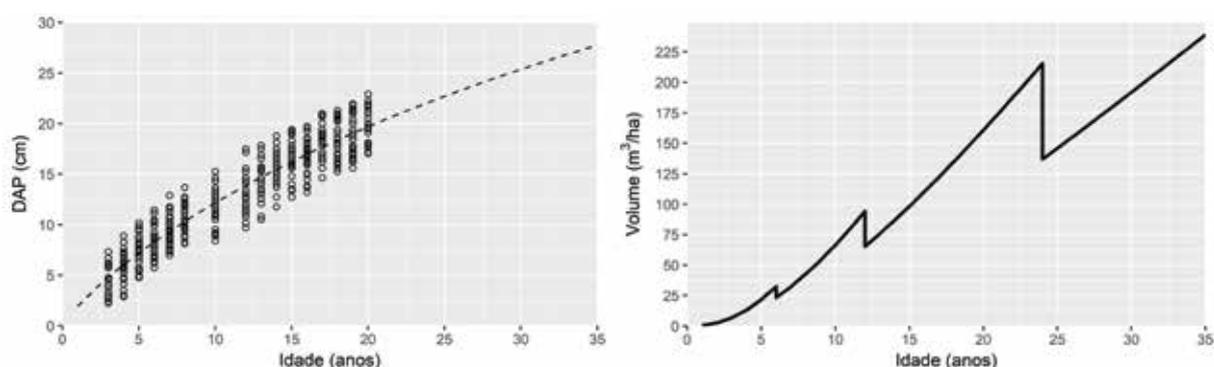


Figura 18. Crescimento em diâmetro de *Bowdichia virgilioides* em Linhares (ES), em plantio puro, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 12 e 24 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e alburno distintos, cerne castanho escuro com aspecto fibroso e alburno amarelado com aspecto fibroso, odor não característico, gosto indistinto, textura grossa, grã direita a irregular, brilho não contrastado.

**Descrição Anatômica Macroscópica:**

Parênquima Axial: visível sem auxílio de lente, paratraqueal aliforme losangular, aliforme com extensão linear, confluyente, ocasionalmente vasicêntrico e em faixa marginal. Raios: visíveis apenas sob lente nos planos transversal e longitudinal tangencial, pouco contrastado no plano longitudinal radial, finos, numerosos, estratificados. Vasos: visíveis sem auxílio de lente, médios, numerosos, porosidade difusa, predominantemente solitários e múltiplos radiais (2-4 vasos). Camadas de Crescimento: demarcadas por zonas fibrosas e parênquimas em faixas marginais.

**Propriedades Físicas e Mecânicas**

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,882
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,719
Varição volumétrica (contração %)	17,24
Coefficiente de anisotropia	1,33
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	813,07
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	201,81
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	574,56
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	881,67 – 988,33

Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ABNT 7190:1997

**Trabalhabilidade e indicações de uso**

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
excelente	boa	boa	regular	boa	boa	boa	boa	excelente	29% aceita; 71% não aceita

Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade média a alta. Baixa anisotropia e pouca tendência a empenamentos. Dureza média a alta. Indicada para usos estruturais pesados, carpintaria, pisos, postes, estacas, cabos de ferramentas, móveis e utensílios. Bom a excelente aplainamento. Bom comportamento em furações por brocas helicoidais e chatas. Bom lixamento e excelente rasgo lateral por fresa. A maioria das amostras avaliadas apresentou problemas na inserção de pregos tanto na porção de alburno como no cerne mais escuro e avermelhado.



*Parkia pendula* (Willd.) Benth. (Fabaceae)



**Distribuição:** a jueirana-vermelha é uma espécie que apresenta disjunção entre Amazônia e Mata Atlântica, onde ocorre do Espírito Santo ao Nordeste nas florestas litorâneas (Iganci, 2015). É uma árvore comercializada na Amazônia, mas de pouca atratividade madeireira, merecendo mais estudos para sua valorização.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio puro (n=196 árvores) realizado em Linhares, no espaçamento 2x2 m, onde as árvores remanescentes aos 25 anos apresentaram fustes curtos, levemente inclinados, tortuosos e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 45% até os 5 anos de idade, devido ao ataque pelo coleóptero serrador do gênero *Oncideres*. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 70,98 \exp^{-4,61 I^{-0,5052}}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 25 anos, quando o volume é estimado em 242 m<sup>3</sup>/ha, para 496 árvores/ha, com árvores de DAP médio de 28,7 cm e uma altura do fuste de 10,9 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 9,7 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 1,15 cm/ano e a biomassa estocada em 173 Mg/ha. No plantio em Linhares esse volume de madeira está superestimado, pois os fustes são curtos e a espécie precisa ser melhor conduzida com desramas apropriadas para alcançar a altura e conseqüentemente o volume estimado pelo modelo. É um dos maiores crescimentos em diâmetro registrados entre espécies para produção de madeira na Mata Atlântica, com grande potencial de obter madeira a partir de desbastes aos 18 anos. Na Bahia, no arboreto da Ceplac, Vinha & Lobão (1989) registraram DAP igual a 14,9 cm aos 16 anos, inferior ao obtido em Linhares. Aceita plantio a pleno sol, mas produzirá fustes curtos e inclinados, e copas muito abertas e extensas. Nesse caso exige muita atenção no manejo das desramas e na formação do fuste, pelo menos nos primeiros 10 anos. Para ter fustes mais retilíneos necessita de sombra parcial, preferencialmente em enriquecimentos, também estimulando o crescimento em altura, como já observado em alguns plantios em Linhares. Também é necessário um cuidado com a elevada taxa de mortalidade, devido ao ataque por coleópteros serradores do gênero *Oncideres*.

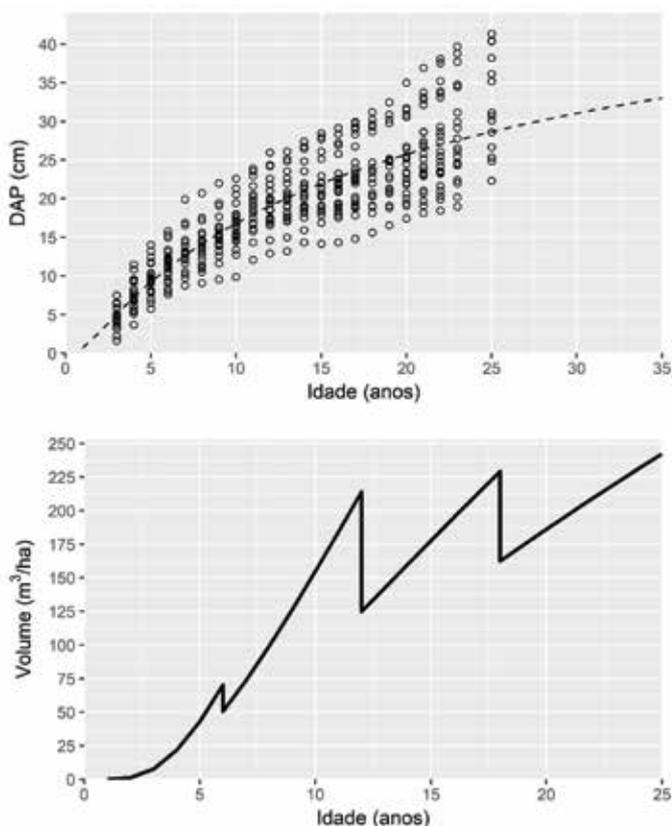


Figura 19. Crescimento em diâmetro de *Parkia pendula* em Linhares (ES), em plantio puro, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 12 e 18 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e albarno indistintos, cerne acastanhado com faixas claras e albarno bege-amarelado, odor não característico, gosto indistinto, textura média, grã direita a reversa, brilho contrastado.

**Descrição Anatômica Macroscópica:**

Parênquima Axial: visível sem auxílio de lente, paratraqueal aliforme losangular, confluyente e ocasionalmente vasicêntrico. Raios: visíveis sem auxílio de lente nos planos transversal e longitudinal tangencial, pouco contrastado no plano longitudinal radial, finos, pouco a muito numerosos, não estratificados. Vasos: visíveis sem auxílio de lente, médios a grandes, poucos, porosidade difusa, predominantemente solitários, ocasionalmente geminados e raros múltiplos de 3. Camadas de Crescimento: indistintas ou ausentes.

**Propriedades Físicas e Mecânicas**

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,523
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,430
Variação volumétrica (contração %)	9,10
Coefficiente de anisotropia	2,05
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	420,55
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	95,76
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	307,90
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	258,33 – 376,67

Ensaio conduzido baseado no documento normativo ABNT 7190:1997

**Trabalhabilidade e indicações de uso**

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
excelente	regular	excelente	boa	boa	boa	excelente	boa	excelente	94% aceita; 6% não aceita

Ensaio conduzido baseado no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de média a baixa densidade. Média a alta anisotropia e baixa estabilidade dimensional, com tendência a empenamentos. Dureza baixa. Indicada para usos como embalagens, caixotaria, esquadrias, painéis e eventualmente laminação. Boa a excelente trabalhabilidade nas operações de aplainamento, lixamento, rasgo lateral e furações com brocas chatas e helicoidais. Resultado ruim nas furações com brocas chatas. Deve ser dada atenção ao sentido do aplainamento, resultados melhores no sentido a favor da grã ou disposição das fibras na formação da madeira. Inserção de pregos facilitada na grande maioria das amostras avaliadas.





*Pterocarpus rohrii* Vahl. (Fabaceae)



**Distribuição:** O pau-sangue tem distribuição principal nas florestas estacionais e ombrófilas de todas as regiões do Brasil, mas também no Cerrado e Caatinga (Lima, 2015c). É uma espécie sem tradição no mercado madeireiro, mas de uso nas propriedades rurais em algumas regiões.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio puro realizado em Linhares (n=196 árvores) no espaçamento 2x2 m, onde as árvores remanescentes aos 23 anos apresentaram fustes curtos, levemente inclinados e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 15% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 81,48 \exp^{-4,48 I^{-0,4487}}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 25 anos, quando o volume é estimado em 241 m<sup>3</sup>/ha para 508 árvores/ha, com DAP médio de 28,3 cm e uma altura do fuste de 10,8 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 9,6 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 1,13 cm/ano e a biomassa estocada em 159 Mg/ha. No plantio em Linhares esse volume de madeira está superestimado, pois os fustes são curtos e a espécie precisa ser melhor conduzida com desramas apropriadas para alcançar a altura e conseqüentemente o volume estimado pelo modelo. A espécie não foi bem manejada, mas é um dos maiores crescimentos em DAP registrados entre espécies para produção de madeira na Mata Atlântica. Não existem muitos dados de crescimento para esta espécie, sendo citado por Carvalho (2008) um DAP médio igual a 10,5 cm em Pernambuco aos 13 anos, resultado inferior ao registrado em Linhares. Na Bahia, no arboreto da Ceplac, Vinha & Lobão (1989) registraram DAP igual a 16,4 cm aos 16 anos, também inferior a Linhares. Cresce bem a pleno sol, mas precisa de manejo da desrama. Plantios em sombra parcial podem estimular seu crescimento em altura e melhorar a retidão do fuste.

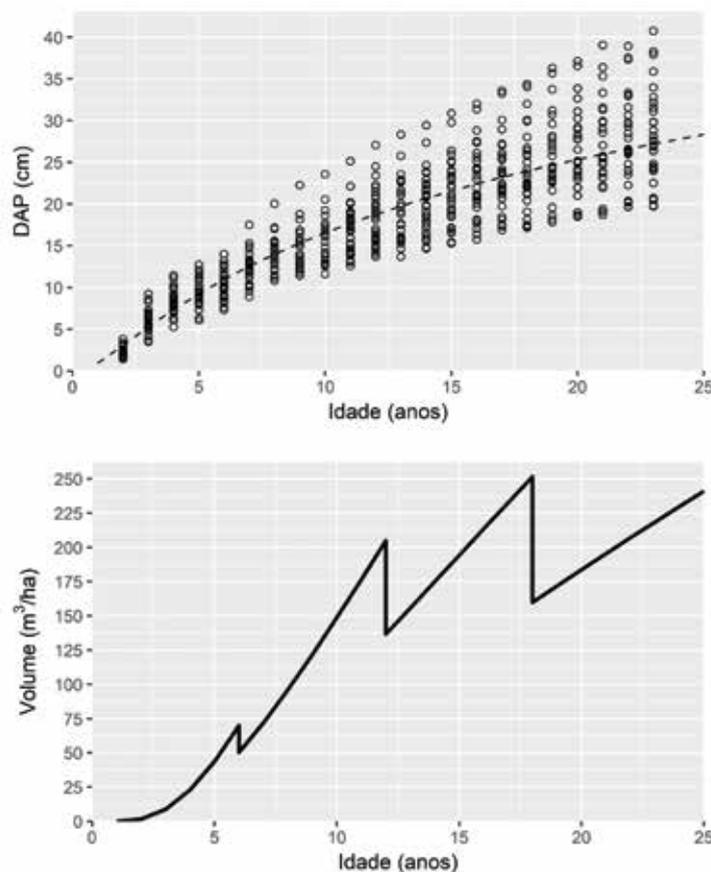


Figura 20. Crescimento em diâmetro de *Pterocarpus rohrii* em Linhares (ES), em plantio puro, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 12 e 18 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e albarno indistintos, cor amarelo claro, odor não característicos, gosto indistinto, textura média, grã direita a irregular, brilho sem contraste.

### Descrição Anatômica Macroscópica:

**Parênquima Axial:** visível sem auxílio de lente, paratraqueal aliforme com extensão linear, confluyente e em linhas. **Raios:** visíveis apenas sob lente nos planos transversal e longitudinal tangencial, sem contraste no plano longitudinal radial, muito finos, muito numerosos, estratificados. **Vasos:** visíveis sem auxílio de lente, pequenos a médios, poucos, porosidade difusa, predominantemente solitários e múltiplos radiais (2-3 vasos). **Camadas de Crescimento:** demarcadas por zonas fibrosas.

### Propriedades Físicas e Mecânicas

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,479
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,391
Variação volumétrica (contração %)	9,03
Coefficiente de anisotropia	1,22
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	521,16
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	87,08
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	365,24
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	270,00 – 420,00

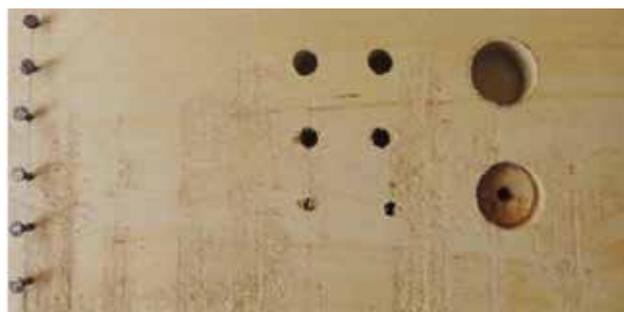
Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ABNT 7190:1997

### Trabalhabilidade e indicações de uso

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
boa	regular	ruim	ruim	regular	regular	ruim	regular	regular	100% não aceita

Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade média a baixa. Pouca tendência a empenamentos e torcimentos. Dureza baixa. Indicada para embalagens e usos para madeiras leves como caixotaria, eventualmente laminação, painéis e produção de artefatos e utensílios. Bom a regular comportamento no aplainamento. Resultados de furações ruins e regulares tanto por brocas helicoidais como broca chata. Resultados regulares nos testes de lixamento e rasgo lateral. Muito ruim nos ensaios de inserção de pregos, gerando trincas e arrancamentos de pequenos cavacos principalmente na saída dos pregos passantes, o que indica a necessidade de uso de elementos especiais de ligação.





*Pachira endecaphylla* (Vell.) Carv.-Sobr. (Malvaceae)



**Distribuição:** essa espécie de paineira tem distribuição conhecida apenas para Rio de Janeiro e Espírito Santo, nas florestas ombrófilas e estacionais (Duarte, 2015), com pouca tradição no mercado madeireiro.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio puro (n=196 árvores) realizado em Linhares, no espaçamento 2x2 m, onde as árvores remanescentes aos 22 anos apresentaram fustes curtos de boa forma e com boa sanidade. A mortalidade mais desbaste foi igual a 63% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 29,124 (1 - \exp^{-0,0413 \cdot I^{1,3736}})$$

Os modelos mostram uma estagnação do crescimento entre 15 e 25 anos, sendo estimado um volume aos 25 anos de 241 m<sup>3</sup>/ha para 513 árvores/ha, com DAP médio de 28,2 cm e uma altura do fuste de 10,8 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 9,6 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 1,13 cm/ano e a biomassa estocada em 127 Mg/ha. No plantio em Linhares esse volume de madeira está superestimado, pois os fustes são curtos e a espécie precisa ser melhor conduzida com desramas apropriadas para alcançar a altura e conseqüentemente o volume estimado pelo modelo. Paineiras em geral são de crescimento rápido e o resultado obtido em Linhares pode ser considerado abaixo do esperado para a espécie. Provavelmente a ausência de desbastes adequados, a partir de 15 anos, prejudicou o crescimento. Não existem referências de crescimento para essa espécie, mas os valores apresentados são inferiores ao relatado por Carvalho (2003) para espécies de Bombacaceae, como por exemplo, *Ceiba speciosa*, com DAP de 33 cm aos 20 anos em São Paulo e 20 a 25 cm no Paraná aos 10 anos, em plantios de restauração. Quase todas as árvores observadas em plantios a pleno sol em Linhares têm fustes curtos, mas não se tem informações de seu crescimento e forma do fuste em sombra parcial. A alta mortalidade no início do plantio requer atenção.

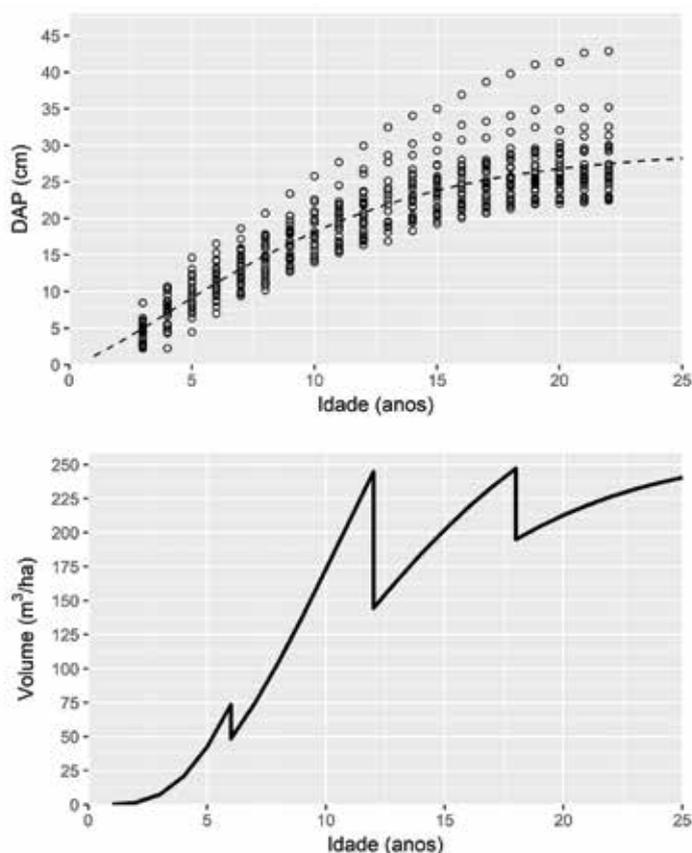


Figura 21. Crescimento em diâmetro de *Pachira endecaphylla* em Linhares (ES), em plantio puro, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m com desbastes aos 6, 12 e 18 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e alborno indistinto, cor bege-esbranquiçado, odor não característico, gosto indistinto, textura média, grã direita, brilho pouco contrastado.

#### Descrição Anatômica Macroscópica:

**Parênquima Axial:** pouco visível sem auxílio de lente, apotraqueal difuso em agregados e em faixa marginal.

**Raios:** visíveis sem auxílio de lente no plano transversal no plano longitudinal tangencial, sem contraste no plano longitudinal radial, finos, numerosos, não estratificados.

**Vasos:** visíveis sem auxílio de lente, médios a grandes, pouco numerosos, porosidade difusa, predominantemente solitários e múltiplos (2-4 vasos) em arranjo radial.

**Camadas de Crescimento:** demarcadas por zonas fibrosas e parênquima em faixas marginais.

#### Propriedades Físicas e Mecânicas

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,403
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,293
Variação volumétrica (contração %)	8,49
Coefficiente de anisotropia	3,50
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	339,38
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	42,67
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	57,82
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	195,00 – 200,00

Ensaio conduzido baseado no documento normativo ABNT 7190:1997

#### Trabalhabilidade e indicações de uso

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
excelente	regular	regular	ruim	ruim	regular	ruim	excelente	excelente	100% aceita

Ensaio conduzido baseado no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade baixa. Dureza muito baixa. Elevada anisotropia, grande tendência a empenamentos. Indicada para embalagens e usos para madeiras leves como caixotaria, eventualmente laminação, painéis e produção de artefatos e utensílios. Excelente a regular comportamento no aplainamento. Resultados de furações ruins e regulares tanto por brocas helicoidais como broca chata. Resultados excelentes no lixamento, na confecção de rasgo lateral por fresa e na inserção de pregos.





*Spondias venulosa* (Engl.) Engl. (**Anacardiaceae**)



**Distribuição:** O cajá tem distribuição principal nas florestas ombrófilas e estacionais da Mata Atlântica da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (Silva-Luz & Pirani, 2015). É uma espécie sem tradição no mercado madeireiro, mas produz um fruto saboroso que pode ser comercializado.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio puro realizado em Linhares (n=196 árvores) no espaçamento 2x2 m, onde as árvores remanescentes aos 24 anos apresentaram fustes curtos, levemente inclinados e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 34% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 82,59 \exp^{-2,97 I^{-0,4292}}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 15 anos, quando o volume é estimado em 255 m<sup>3</sup>/ha para 383 árvores/ha, com DAP médio de 32,6 cm e uma altura do fuste de 11,7 m (notar no gráfico que os dados foram coletados até 24 anos). O IMA em volume nessa idade é estimado em 17,0 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 2,18 cm/ano e a biomassa estocada em 154 Mg/ha. No plantio em Linhares esse volume de madeira está superestimado, pois os fustes são curtos e a espécie precisa ser melhor conduzida com desramas apropriadas para alcançar a altura e conseqüentemente o volume estimado pelo modelo. O plantio não foi bem desbastado a partir de 12 anos. É a espécie de maior taxa de crescimento diamétrico entre as avaliadas neste estudo, com árvores de 30 cm de DAP na idade de 10 anos. A alta taxa de crescimento dificulta fazer uma simulação de desbastes, atividade que deve merecer atenção especial. Para produção de frutos os critérios de seleção de procedências, desbastes e desramas são diferentes daqueles para produção de madeira.

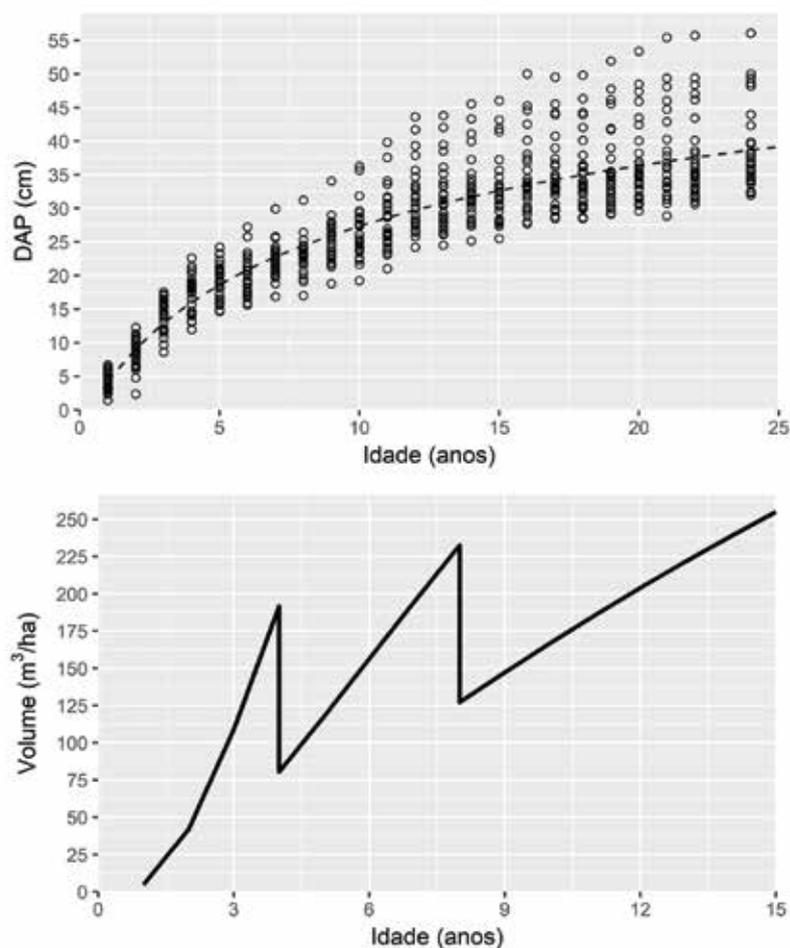


Figura 22. Crescimento em diâmetro de *Spondias venulosa* em Linhares (ES), em plantio puro, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 4 e 8 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e alborno indistintos, cerne bege claro-acastanhado, odor não característico, gosto indistinto, textura grossa, grã direita, brilho não contrastado.

**Descrição Anatômica Macroscópica:**

Parênquima Axial: visível apenas sob lente, paratraqueal vasicêntrico. Raios: visíveis sem auxílio de lente nos planos transversal e longitudinal tangencial, pouco contrastado no plano longitudinal radial, médios, numerosos, não estratificados. Vasos: pouco visíveis sem auxílio de lente, pequenos a médios, numerosos, porosidade difusa, predominantemente solitários, ocasionalmente geminados em arranjo radial e diagonal. Camadas de Crescimento: pouco distintas por zonas fibrosas.

**Propriedades Físicas e Mecânicas**

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,438
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,345
Varição volumétrica (contração %)	8,65
Coefficiente de anisotropia	2,21
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	656,70
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	71,80
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	215,81
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	151,67 – 325,00

Ensaio conduzido baseado no documento normativo ABNT 7190:1997

**Trabalhabilidade e indicações de uso**

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
boa	boa	ruim	muito ruim	ruim	muito ruim	muito ruim	excelente	boa	95% aceita; 5% não aceita

Ensaio conduzido baseado no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade baixa, leve e de baixa resistência e dureza. Alta anisotropia e alta tendência a empenamentos e torcimentos. Indicada para usos como embalagens, caixotaria e utensílios. Bom resultado no aplainamento. Comportamento nas furações muito ruim a ruim tanto com a utilização de brocas helicoidais como broca chata. Lixamento excelente e bom resultado no fresamento lateral. Muito boa aceitação de pregos.



► *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae)



**Distribuição:** a aroeira verdadeira é uma espécie com distribuição no Cerrado, Caatinga, Pantanal e nas florestas estacionais da Mata Atlântica do Nordeste ao Sul (Silva-Luz & Pirani, 2015), mas não existem registros em florestas naturais no Espírito Santo, sendo que as procedências plantadas em Linhares são de Minas Gerais. É uma das espécies mais conhecidas no meio rural devido à sua durabilidade natural.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio puro (n=196 árvores) realizado em Linhares, no espaçamento 2x2 m, onde as árvores remanescentes aos 22 anos apresentaram fustes curtos, levemente tortuosos e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 2% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 60,42 \left( 1 + 20,075 \exp^{-0,9038 \ln(I)} \right)^{-1}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 257 m<sup>3</sup>/ha para 365 árvores/ha, com DAP médio de 33,4 cm e uma altura do fuste de 11,9m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 7,4 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,96 cm/ano e a biomassa estocada em 248 Mg/ha. No plantio em Linhares esse volume de madeira está superestimado, pois os fustes são curtos e a espécie precisa ser melhor conduzida com desramas apropriadas para alcançar a altura e conseqüentemente o volume estimado pelo modelo. O crescimento citado por Carvalho (2003), DAP médio entre 16 a 20 cm aos 20 anos no interior de São Paulo, é inferior ao encontrado em Linhares, 26 cm na mesma idade. É muito comum ocupar solos pobres e degradados, mas responde bem a solos férteis. Seu maior problema silvicultural é provavelmente o fuste muito tortuoso e a bifurcação quando a pleno sol, necessitando de desramas frequentes, sendo recomendada sua introdução nos plantios mistos após os primeiros anos (Gurgel Garrido et al., 1997). De fato, Souza et al. (2015) mostram melhoria no DAP e altura aos 15 anos em plantios consorciados com 50 a 85% de *Croton floribundus*. Pode ser manejada por talhadia, com brotações vigorosas e de alta qualidade, mas que também são sensíveis ao sol. Existem populações conservadas ex-situ em São Paulo (Siqueira & Nogueira 1992; Canuto et al., 2017) e estudos populacionais indicam diferenças significativas entre progênies (Freitas et al., 2006), com possibilidade de ganhos em DAP (Canuto et al., 2017). É uma espécie com alta capacidade de regeneração natural, o que pode ser benéfico para manejo, mas com atenção para não se tornar invasora.

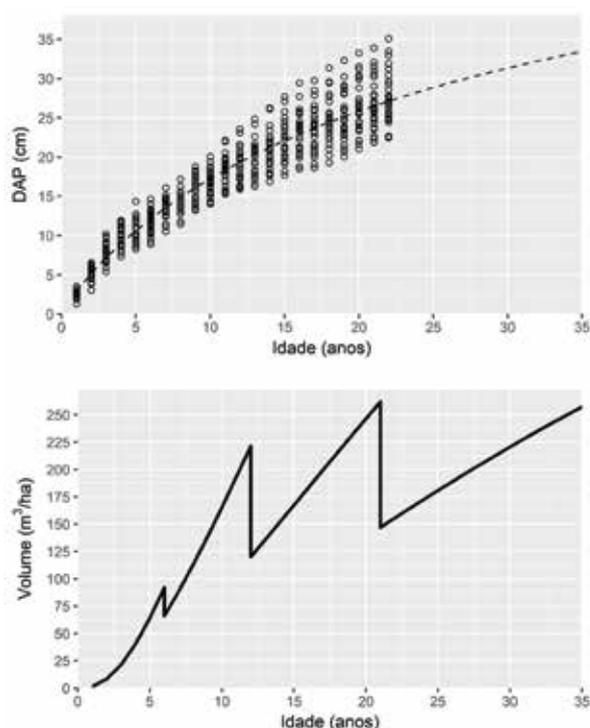


Figura 23. Crescimento em diâmetro de *Myracrodruon urundeuva* em Linhares (ES), em plantio puro, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 12 e 21 anos.

► *Lecythis pisonis* Cambess. (Lecythidaceae)



**Distribuição:** a sapucaia-vermelha é uma espécie com distribuição nas florestas estacionais e ombrófilas da Mata Atlântica do Sudeste ao Nordeste e ocorre também na floresta amazônica (Smith et al., 2015). É uma espécie também interessante como não madeireira, pela produção de castanhas comestíveis, de alto valor nutritivo e medicinal, com atividade antioxidante e anti-inflamatória (Martins et al., 2016).



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio puro realizado em Linhares (n=196 árvores), no espaçamento 2x2 m. As árvores remanescentes aos 24 anos apresentaram fustes curtos, mas com boa forma e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 0% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 60,82 \exp^{-4,774 I^{-0,4848}}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 232 m<sup>3</sup>/ha para 605 árvores/ha, com DAP médio de 25,9 cm e uma altura do fuste de 10,3 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 6,6 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,74 cm/ano e a biomassa estocada em 237 Mg/ha. No plantio em Linhares esse volume de madeira está superestimado, pois os fustes são curtos e a espécie precisa ser melhor conduzida com desramas apropriadas para alcançar a altura e conseqüentemente o volume estimado pelo modelo. Se houvessem ocorrido desbastes mais intensivos entre 8 e 15 anos, a estimativa de crescimento também poderia ter sido melhorada. Montagnini et al. (1994) citam DAP igual a 13 cm aos 14 anos na Bahia, um pouco inferior ao obtido em Linhares (DAP igual a 15,9 cm na mesma idade), mas Almeida (1943) cita DAP igual a 21 cm aos 16 anos no Rio de Janeiro, resultado bem superior. Também na Bahia, o crescimento no arboreto da Ceplac (Vinha & Lobão, 1989) foi inferior, DAP igual a 12,8 cm aos 17 anos. Plantios em sombra parcial podem estimular seu crescimento em altura, diminuir bifurcações e dar fustes mais retilíneos, mas é muito sensível ao sombreamento excessivo, podendo reduzir seu crescimento.

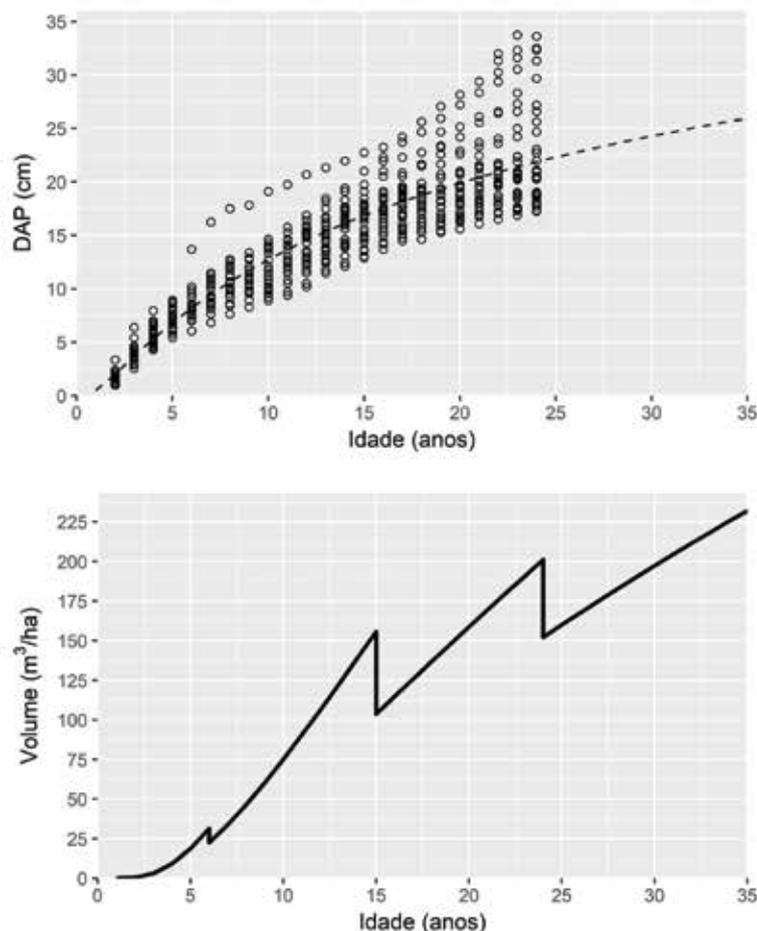


Figura 24. Crescimento em diâmetro de *Lecythis pisonis* em Linhares (ES), em plantio puro, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 15 e 24 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e alburno distintos, cerne vermelho-rosado e alburno amarelo claro, odor não característico, gosto levemente adstringente, textura média, grã direita, brilho não contrastado.

**Descrição Anatômica Macroscópica:**

**Parênquima Axial:** visível sem auxílio de lente, reticulado. **Raios:** visíveis sem auxílio de lente no plano transversal e apenas sob lente no longitudinal tangencial, sem contraste no plano longitudinal radial, finos, numerosos, não estratificados. **Vasos:** pouco visíveis sem auxílio de lente, pequenos, poucos, porosidade difusa, predominantemente solitários e múltiplos radiais (2-3 vasos). **Camadas de Crescimento:** demarcadas por zonas fibrosas e o afastamento das faixas dos parênquimas.

**Propriedades Físicas e Mecânicas**

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,855
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,683
Variação volumétrica (contração %)	13,16
Coefficiente de anisotropia	1,16
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	937,42
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	129,41
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	533,22
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	786,67 – 871,67

Ensaios conduzidos baseados no documento normativo ABNT 7190:1997

**Trabalhabilidade e indicações de uso**

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
excelente	boa	boa	regular	regular	regular	excelente	boa	boa	22% aceita; 78 não aceita

Ensaios conduzidos baseados no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade média a alta. Baixa anisotropia e pouca tendência a empenamentos. Dureza média a alta. Indicada para usos estruturais, pisos, cabos de ferramentas, esquadrias e utensílios. Bom a excelente aplainamento. Furações boas a regulares. Bom lixamento e bom rasgo lateral por fresa. Tanto na porção do cerne como no alburno apresentou problemas na inserção de pregos na maior parte das amostras, indicando necessidade de cuidados especiais quando pregadas.





*Centrolobium tomentosum* Guillem. ex Benth. (Fabaceae)



**Distribuição:** O araribá-vermelho ou putumujú ocorre principalmente na Mata Atlântica, do sul da Bahia ao Paraná, nas florestas estacionais, mas também em algumas áreas de floresta ombrófila, no Cerrado e na Caatinga (Klitgaard, 2015). Essa e outras espécies de *Centrolobium*, como *C. robustum* e *C. microchaete*, são muito valorizadas e foram amplamente exploradas na Mata Atlântica (Bastos, 1952).



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio consorciado com *Cordia trichotoma* (n=72 árvores por espécie) e em outro com *Astronium graveolens* (n=72 árvores por espécie), pois ocorreram muitos problemas fitossanitários com a espécie. As árvores remanescentes aos 26 anos apresentaram fustes curtos e com sanidade comprometida. A mortalidade foi igual a 6% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 46,43 \exp^{-8,30 I^{-0,7437}}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 231 m<sup>3</sup>/ha para 615 árvores/ha, com DAP médio de 25,7 cm e uma altura do fuste de 10,2 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 6,6 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,74 cm/ano e a biomassa estocada em 216 Mg/ha. No plantio em Linhares esse volume de madeira está superestimado, pois os fustes são curtos e a espécie precisa ser melhor conduzida com desramas apropriadas para alcançar a altura e conseqüentemente o volume estimado pelo modelo. Os resultados projetados para DAP em Linhares são semelhantes aos melhores resultados citados em literatura: Almeida (1943) cita DAP médio de 20 cm aos 19 anos, Gurgel Filho et al. (1982d) cita DAP médio de 18,5 cm aos 20 anos, e um pouco inferior ao reportado por Nogueira (1977) que cita DAP de 23,3 cm aos 20 anos, em um plantio misto de restauração. O crescimento no arboreto da Ceplac na Bahia (Vinha & Lobão, 1989) foi baixo, DAP igual a 6,1 cm aos 16 anos. Em Linhares, muitas árvores dessa espécie diminuíram o ritmo de crescimento em DAP após 15 anos, principalmente nos plantios homogêneos. Uma causa provável para esse resultado é o ataque por um coleóptero cerambicídeo serrador do gênero *Oncideres*, que corta galhos novos (“roletamento do galho”) menos lignificados, ou causa bifurcação quando ataca o ramo principal de árvores jovens. A espécie deve ser utilizada em plantios mistos, em baixa densidade, para minimizar o ataque do serrador. Apresenta boa desrama se não for atacada e para dar fustes mais retílineos necessita de sombra parcial, mas é sensível ao sombreamento elevado, podendo diminuir o ritmo de crescimento. Uma vantagem no uso da espécie em silvicultura, principalmente nos plantios consorciados, é que se associa com *Rhizobium*, fixando nitrogênio (Faria et al., 1984) e produz grande quantidade de serapilheira, incorporando outros nutrientes ao solo (Aidar & Joly, 2003).

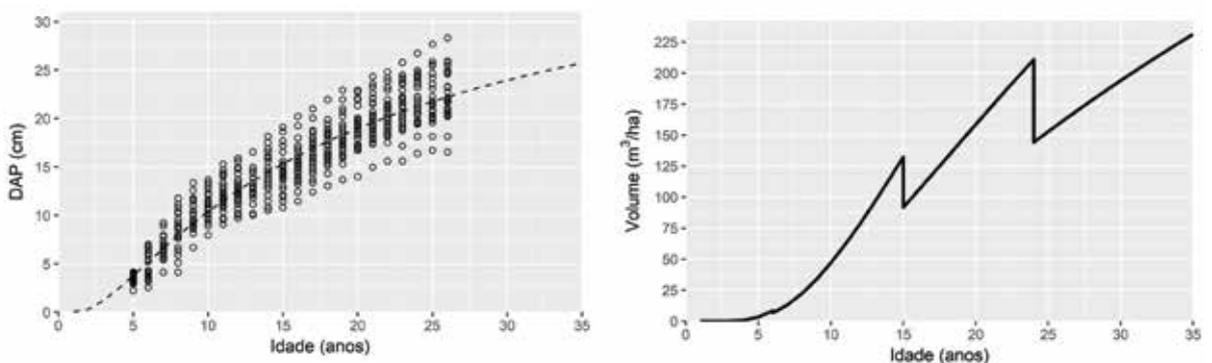


Figura 25. Crescimento em diâmetro de *Centrolobium tomentosum* em Linhares (ES), em plantio consorciado, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 15 e 24 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e alburno distinto, cerne com veios amarelados, avermelhados e esbranquiçados, alburno bege-esbranquiçado, odor não característico, gosto indistinto, grã reversa, brilho pouco contrastado.

**Descrição Anatômica Macroscópica:**

Parênquima Axial: visível sem auxílio de lente, paratraqueal vasicêntrico, aliforme losangular e confluyente.

Raios: visíveis apenas sob lente nos planos transversal e longitudinal tangencial, sem contraste no plano longitudinal radial, muito finos, numerosos, estratificados.

Vasos: visíveis sem auxílio de lente, pequenos a médios, numerosos, porosidade difusa, predominantemente solitários e geminados em arranjo tangencial.

Camadas de Crescimento: demarcadas por zonas fibrosas.

**Propriedades Físicas e Mecânicas**

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,717
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,609
Variação volumétrica (contração %)	8,46
Coefficiente de anisotropia	1,64
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	828,29
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	124,43
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	142,06
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	521,67 – 546,67

Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ABNT 7190:1997

**Trabalhabilidade e indicações de uso**

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
excelente	excelente	excelente	boa	boa	excelente	excelente	excelente	excelente	22% aceita; 78 não aceita

Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de média densidade e dureza média a baixa. Estabilidade regular a boa, com pouca tendência a empenamentos. Indicada para usos estruturais leves, mobiliários, pisos, utensílios e quando a coloração da espécie for valorizada esteticamente. Excelente trabalhabilidade nas operações de aplainamento, furações, lixamento e fresamento lateral para geração de rasgo. Na inserção de pregos teve resultado regular a ruim apresentando problemas de arrancamento de pequenos cavacos e fibras principalmente na porção inferior, indicando a necessidade de uso de elementos especiais de ligação.





*Barnebydendron riedelii* (Tul.) J.H. Kirkbride (**Fabaceae**)



**Distribuição:** O guaribú-sabão ou guaribeiro tem distribuição disjunta entre a floresta amazônica no Acre e a floresta atlântica da Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo (Lima, 2015d). É uma espécie sem grande tradição no mercado, mas atualmente explorada no Acre (Silva et al., 2015) e com potencial de ganhar mercado.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio puro realizado em Linhares (n=196 árvores) no espaçamento 2x2 m, onde as árvores remanescentes aos 23 anos apresentaram fustes curtos, levemente inclinados e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 1% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 47,11 \exp^{-4,20 I^{-0,5434}}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 231 m<sup>3</sup>/ha para 620 árvores/ha, com DAP médio de 25,6 cm e uma altura do fuste de 10,2 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 6,6 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,73 cm/ano e a biomassa estocada em 198 Mg/ha. No plantio em Linhares esse volume de madeira está superestimado, pois os fustes são curtos e a espécie precisa ser melhor conduzida com desramas apropriadas para alcançar a altura e conseqüentemente o volume estimado pelo modelo. Não existem referências de crescimento para esta espécie, mas o resultado em Linhares pode ser considerado promissor, considerando que o DAP médio é igual a 20 cm aos 20 anos, entretanto a partir dos 20 anos a taxa de crescimento é lenta, sugerindo um ciclo longo para essa espécie atingir 30 cm de DAP. Provavelmente a ausência de desbastes adequados a partir dos 15 anos afetou os resultados de crescimento. Plantios em sombra parcial podem estimular seu crescimento em altura, diminuir bifurcações e dar fustes mais retilíneos.

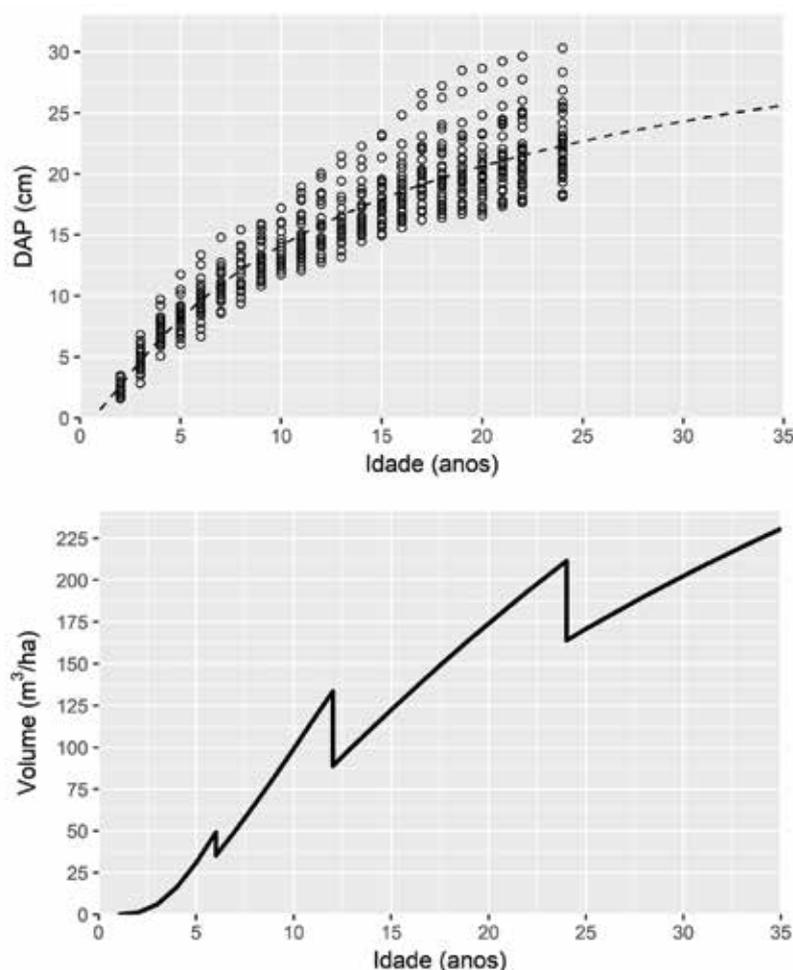


Figura 26. Crescimento em diâmetro de *Barnebydendron riedelii* em Linhares (ES), em plantio puro, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 12 e 24 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne pouco distinto, cerne castanho claro-rosado bege rosado, odor não característico, gosto indistinto, textura grossa, grã reversa, brilho contrastado.

### Descrição Anatômica Macroscópica:

**Parênquima Axial:** visível sem auxílio de lente, paratraqueal aliforme losangular, ocasionalmente vasicêntrico, confluyente e em faixas marginais. **Raios:** poucos visíveis sem auxílio de lente nos planos transversal e longitudinal tangencial, contrastado no plano longitudinal radial, finos, numerosos, não estratificados. **Vasos:** visíveis sem auxílio de lente, médios, numerosos, porosidade difusa, predominantemente solitários e múltiplos tangenciais (2-3 vasos). **Camadas de Crescimento:** demarcadas por zonas fibrosas e parênquimas em faixas marginais.

### Propriedades Físicas e Mecânicas

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,675
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,545
Varição volumétrica (contração %)	9,08
Coefficiente de anisotropia	1,52
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	452,46
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	112,01
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	282,77
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	390,00 – 456,67

Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ABNT 7190:1997

### Trabalhabilidade e indicações de uso

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
excelente	boa	boa	regular	boa	regular	regular	excelente	boa	28% aceita; 72% não aceita

Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade média. Baixa anisotropia e pouca tendência a empenamentos. Dureza baixa. Indicada para usos como embalagens, estruturas leves, caixotaria, esquadrias, painéis, revestimentos e eventualmente laminação. Boa a excelente trabalhabilidade nas operações de aplainamento, lixamento e rasgo lateral. Difícil furação tanto com brocas helicoidais como brocas chatas. Foram encontradas dificuldades na inserção de pregos com a maioria das amostras apresentando trincamentos e arrancamento de fibras na porção inferior da amostra.





*Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose (Fabaceae)



**Distribuição:** O angico-preto ou monjoleiro tem distribuição em todas as regiões do Brasil, nas florestas estacionais, ombrófilas, no Cerrado e Caatinga (Morim & Barros, 2015). É uma espécie sem tradição no mercado madeireiro, mas de uso nas propriedades rurais em algumas regiões.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio puro realizado em Linhares (n=196 árvores) no espaçamento 2x2 m, onde as árvores remanescentes aos 25 anos apresentaram fustes levemente inclinados, tortuosos e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 5% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 77,54 \exp^{-3,935 I - 0,3440}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 225 m<sup>3</sup>/ha para 687 árvores/ha, com DAP médio de 24,4 cm e uma altura do fuste de 9,8 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 6,4 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,70 cm/ano e a biomassa estocada em 261 Mg/ha. Plantios no Acre mostram DAP de 15,5 cm aos 5 anos, bem superior ao registrado em Linhares e no Paraná, 13 cm aos 10 anos (Carvalho, 2008). Provavelmente a ausência de desbastes adequados dos 7 aos 16 anos afetou os resultados de crescimento. Em plantios a pleno sol bifurca-se com facilidade, mas as árvores em Linhares apresentam forma razoável, que poderia ter sido melhor se as desramas tivessem sido executadas. Plantios à sombra podem ajudar a minimizar esse efeito e estimular o crescimento em altura.

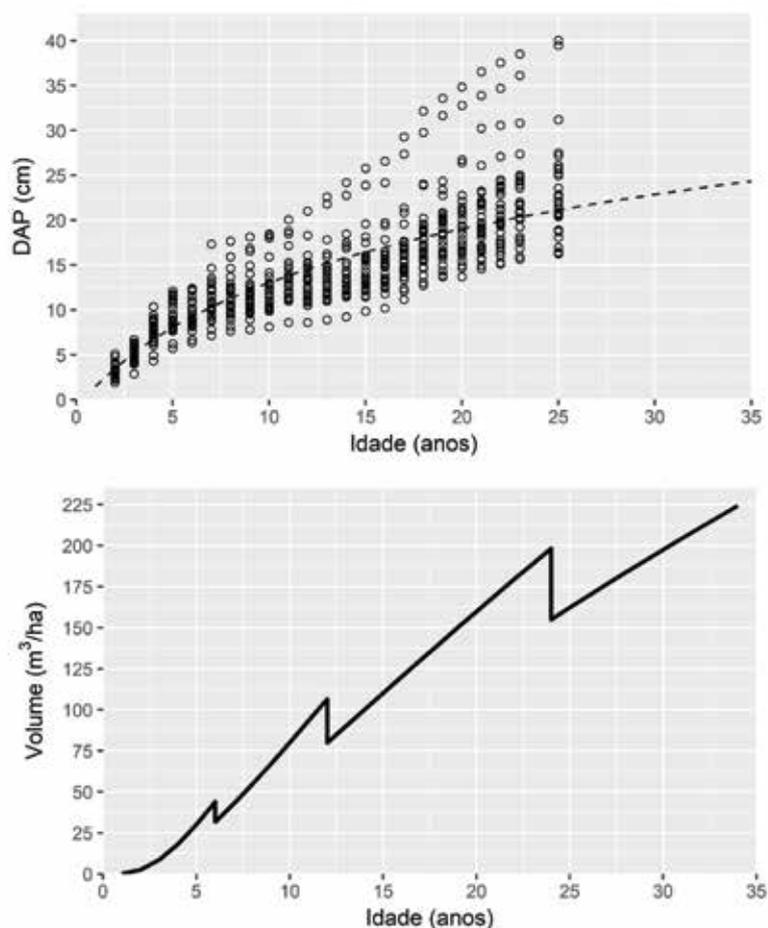
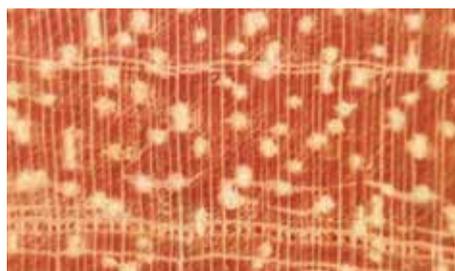


Figura 27. Crescimento em diâmetro de *Senegalia popyphylla* em Linhares (ES), em plantio puro, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 12 e 24 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e alborno indistintos, cerne castanho-rosado, odor não característico, gosto levemente adstringente, textura média, grã irregular, brilho contrastado.

**Descrição Anatômica Macroscópica:**

**Parênquima Axial:** visível sem auxílio de lente, paratraqueal vasicêntrico, aliforme com expansões curtas e finas, em faixas marginais finas e largas. **Raios:** visíveis sem auxílio de lente no plano transversal e no plano longitudinal tangencial, sem contraste no plano longitudinal radial, finos, numerosos, não estratificados. **Vasos:** Visíveis sem auxílio de lente, pequenos a médio, numerosos a muito numerosos, porosidade difusa, solitários e múltiplos radiais (2-3 vasos). Canais axiais intercelulares de origem traumática, em séries tangenciais. **Camadas de Crescimento:** demarcadas por parênquima em faixas marginais finas e largas.

**Propriedades Físicas e Mecânicas**

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	1,027
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,803
Varição volumétrica (contração %)	17,84
Coeficiente de anisotropia	1,81
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	906,47
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	145,72
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	625,24
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	913,33 – 1035,00

Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ABNT 7190:1997

**Trabalhabilidade e indicações de uso**

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
boa	boa	ruim	ruim	ruim	boa	regular	boa	regular	100% não aceita

Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade moderadamente alta, com certa tendência a torcimentos e empenamentos, indicada para uso estrutural. Com dureza elevada pode ser utilizada em pisos maciços, cabos de ferramenta e utensílios. Demonstrou bom comportamento ao ser trabalhada em plaina de corte rotativo periférico. Em furações com brocas helicoidais apresentou alta incidência de arrancamento de fibras. No teste com broca chata mostrou resultados regulares a satisfatórios. Bom acabamento no lixamento e regular no teste de rasgo lateral. Grande dificuldade na inserção de pregos, principalmente na superfície inferior das amostras, demandando cuidados na pregação, utilização de elementos de ligação especiais e de maior resistência.



► *Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis (**Fabaceae**)



**Distribuição:** O pau-brasil ocorre do Rio de Janeiro ao Rio Grande do Norte, em florestas ombrófilas e estacionais (Gagnon et al., 2016). Foi o primeiro produto explorado pelos colonizadores portugueses no Brasil, para uso como corante de tecidos. Hoje é considerada a melhor espécie para confecção de arcos de violino, provavelmente porque os corantes extrativos presentes na madeira influenciam positivamente nas propriedades vibratórias do arco (Matsunaga et al., 1996). As populações naturais foram extremamente reduzidas e existe uma demanda crescente pela madeira de origem legal.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio puro (n=196 árvores) realizado em Linhares, no espaçamento 2x2, onde as árvores remanescentes aos 24 anos apresentaram fustes curtos, tortuosos e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 63% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 40,69 \exp^{-6,03 I^{-0,6845}}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento, sendo estimado aos 35 anos um volume de 224 m<sup>3</sup>/ha para 709 árvores/ha, com DAP médio de 24,0 cm e uma altura do fuste de 9,8 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 6,4 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,69 cm/ano e a biomassa estocada em 257 Mg/ha. No plantio em Linhares esse volume de madeira está superestimado, pois os fustes são curtos e a espécie precisa ser melhor conduzida com desramas apropriadas para alcançar a altura e conseqüentemente o volume estimado pelo modelo. Em Linhares foi realizado um desbaste drástico entre 2 e 5 anos (57%), mas não foram realizadas desramas, que são essenciais nessa espécie. A ausência de desbastes adequados entre 16 e 22 anos deve ter prejudicado o desempenho da espécie. O DAP médio obtido em Linhares aos 10, 15 ou 20 anos é superior a todas as localidades onde a espécie foi plantada, citadas por Carvalho (2003). Na Bahia, no arboreto da Ceplac, Vinha & Lobão (1989) registraram DAP igual a 9,2 cm aos 17 anos, também inferior ao registrado em Linhares. Mas, em sistemas agroflorestais em Ilhéus, alcançou um DAP médio igual a 14 cm aos 11 anos, superior ao observado em Linhares (Matos, 2016). A espécie é de crescimento lento, mas pelo seu alto valor pode ser utilizada em plantios mistos, mesmo que em baixa densidade, preferencialmente introduzida como enriquecimento, com sombreamento de 50% (Mengarda et al., 2009). A espécie necessita de ciclos longos, de 40 a 50 anos, para atingir pelo menos 30 cm de DAP. As populações de pau-brasil apresentam grandes diferenças no tamanho e na forma dos folíolos, na cor da madeira e nas taxas de crescimento, podendo inclusive se tratarem de diferentes espécies (H.C.Lima, com. pessoal). As procedências de Pernambuco são as preferidas para confecção do arco. Dada esta grande variabilidade morfológica, a utilização de procedência conhecida é premissa fundamental para potencializar a produtividade e valorização da madeira. A alta mortalidade no início do plantio requer atenção.

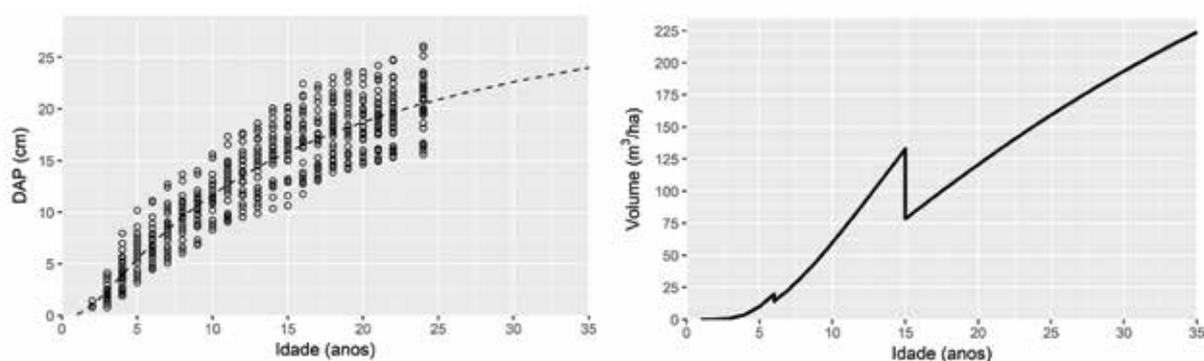


Figura 28. Crescimento em diâmetro de *Paubrasilia echinata* em Linhares (ES), em plantio puro, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6 e 15 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e albarno distinto, cerne alaranjado, albarno amarelo-esbranquiçado, odor não característico, gosto levemente amargo, textura fina a média, grã direita à irregular, brilho pouco contratado.

**Descrição Anatômica Macroscópica:**

Parênquima Axial: visível apenas sob de lente, paratraqueal vasicêntrico, aliforme losangular, confluyente e ocasionalmente em faixas marginais finas. Raios: visíveis apenas sob lente no plano transversal e sem auxílio de lente no plano longitudinal tangencial, pouco contrastado no plano longitudinal radial, finos, numerosos, estratificados. Vasos: visíveis apenas sob lente, muito pequenos a pequenos, muito numeroso, porosidade difusa, solitários e múltiplos radiais (2-4 vasos). Camadas de Crescimento: demarcadas por zonas fibrosas e parênquimas em faixas marginais.

**Propriedades Físicas e Mecânicas**

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,973
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,794
Variação volumétrica (contração %)	13,18
Coefficiente de anisotropia	1,79
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	557,52
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	180,21
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	777,38
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	1285,00 – 1500,00

Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ABNT 7190:1997

**Trabalhabilidade e indicações de uso**

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
excelente	regular	boa	boa	boa	boa	excelente	excelente	excelente	100% não aceita

Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de média a alta densidade. Boa estabilidade dimensional e pouca tendência a empenamentos. Dureza elevada. Indicada para usos estruturais, pisos, móveis e instrumentos musicais. Boa a excelente trabalhabilidade nas operações de aplainamento, furações, lixamento e fresamento lateral para geração de rasgo. Alguma preocupação deve ser tomada no aplainamento contra a direção da grã. Na inserção de pregos teve resultado ruim, necessitando de cuidados especiais na pregação com realização e furação prévia e uso de elementos de ligação de materiais e formatos especiais.





► *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm. (**Fabaceae**)



**Distribuição:** a amburana ou cerejeira é uma espécie com distribuição nos Biomas Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica, sendo que nesta última ocorre principalmente nas florestas estacionais (Lima, 2015e). Uma das preferidas do mercado madeireiro, assim como uma outra espécie do gênero (*Amburana acreana*) que ocorre na Amazônia.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio puro (n=196 árvores) realizado em Linhares, no espaçamento 2x2 m, onde as árvores remanescentes aos 22 anos apresentaram fustes curtos, muito tortuosos e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 8% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 26,11 (1 + 344,74 \exp^{-2,32 \ln(I)})^{-1}$$

Os modelos mostram uma tendência de estagnação do crescimento após 19 anos, sendo estimado aos 35 anos um volume de 224 m<sup>3</sup>/ha para 710 árvores/ha, com DAP médio de 23,9 cm e uma altura do fuste de 9,8 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 6,4 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,68 cm/ano e a biomassa estocada em 164 Mg/ha. Provavelmente a ausência de desbastes adequados a partir de 17 anos prejudicou o seu crescimento. No plantio em Linhares esse volume de madeira está superestimado, pois os fustes são curtos e a espécie precisa ser melhor conduzida com desramas apropriadas para alcançar a altura e conseqüentemente o volume estimado pelo modelo. O melhor crescimento citado por Carvalho (2003), uma procedência do Paraguai plantada no Paraná com DAP de 11,4 cm aos 9 anos, é superior ao encontrado em Linhares na mesma idade (8,4 cm). Muito comum ocupar solos pobres, mas responde bem a solos férteis. Não deve ser plantada a pleno sol, produzindo fustes mais retílineos quando plantada em enriquecimentos, sendo recomendado por Engel & Poggiani (1990) sombra parcial de 50% a 60%, a qual ainda estimula seu crescimento em altura. Mesmo assim, necessita de desramas periódicas, que deve ser uma das prioridades para manejo dessa espécie. Possui muita plasticidade e necessita de muito cuidado na seleção de procedências para uso em silvicultura.

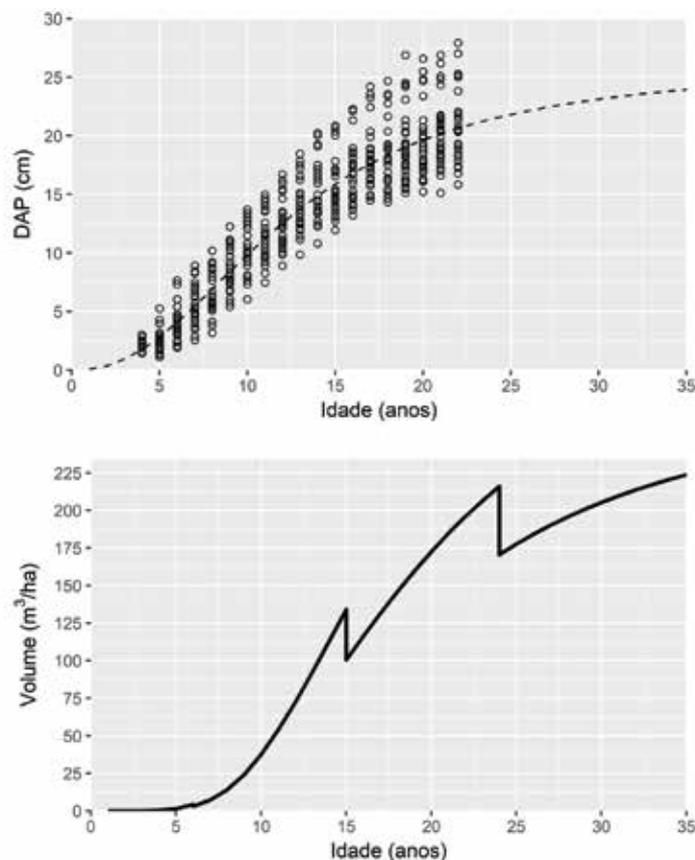


Figura 29. Crescimento em diâmetro de *Amburana cearensis* em Linhares (ES), em plantio puro, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 15 e 24 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e alburno distinto, cerne bege-rosado com aspectos mais escuros e alburno esbranquiçado, odor característico agradável, gosto adocicado, textura média, grã irregular, brilho pouco contrastado.

**Descrição Anatômica Macroscópica:**

Parênquima Axial: visível sem auxílio de lente, paratraqueal vasicêntrico, aliforme losangular e confluyente.

Raios: pouco visíveis sem auxílio de lente no plano transversal e visíveis apenas sob lente no plano longitudinal tangencial, finos, numerosos, não estratificados.

Vasos: visíveis sem auxílio de lente, pequenos a médios, numerosos, porosidade difusa, predominantemente solitários e geminados radiais, ocasionalmente obstruídos por substância branca.

Camadas de Crescimento: indistinta.

**Propriedades Físicas e Mecânicas**

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,602
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,447
Variação volumétrica (contração %)	8,91
Coefficiente de anisotropia	1,49
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	455,62
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	97,67
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	301,61
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	278,33 – 318,33

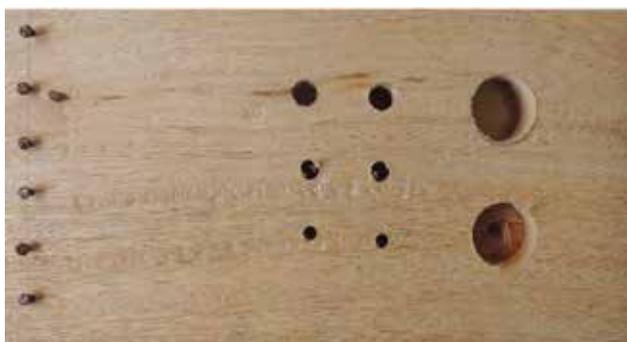
Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ABNT 7190:1997

**Trabalhabilidade e indicações de uso**

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
boa	regular	excelente	boa	excelente	excelente	boa	excelente	excelente	100% aceita

Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de média densidade e baixa dureza. Boa estabilidade dimensional e pouca tendência a empenamentos. Indicada para usos estruturais leves, mobiliários, esquadrias e revestimentos internos e utensílios. Boa a excelente trabalhabilidade nas operações de aplainamento, furações, lixamento e fresamento lateral para geração de rasgo. Na inserção de pregos teve resultado excelente, não demonstrando problema algum de arrancamento de fibras, rachamento e outros.



► *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae)



**Distribuição:** a copaíba é uma espécie com distribuição nas florestas estacionais e ombrófilas da Mata Atlântica do Sudeste ao Nordeste e ocorre também na borda sul da floresta amazônica em Rondônia e Mato Grosso (Queiroz et al., 2015). Além da madeira, outro importante produto desta espécie é o óleo essencial, de alto valor econômico nos mercados do Norte e Sudeste do Brasil. Como nem todas as árvores necessariamente produzem óleo (Rigamonte-Azevedo et al., 2004), parte das árvores podem ser destinadas à produção de madeira e parte para a produção de óleo e eventualmente madeira.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio consorciado com araribá (*Centropodium tomentosum*, n=72 árvores por espécie), realizado em Linhares no espaçamento 3x2,5 m. As árvores remanescentes aos 31 anos apresentaram fustes curtos e com boa forma e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 32% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 76,46 (1 + 190,22 \exp^{-1,2478 \ln(I)})^{-1}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 222 m<sup>3</sup>/ha para 737 árvores/ha, com DAP médio de 23,5 cm e uma altura do fuste de 9,6 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 6,3 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,67 cm/ano e a biomassa estocada em 190 Mg/ha. No plantio em Linhares esse volume de madeira está superestimado, pois os fustes são curtos e a espécie precisa ser melhor conduzida com desramas apropriadas para alcançar a altura e conseqüentemente o volume estimado pelo modelo. Existe grande variação no crescimento entre diversos plantios já realizados. Por exemplo, Nogueira (1977) cita 14,7 cm de DAP aos 20 anos, semelhante à Linhares, Gurgel Filho (1982a; 1982b) cita respectivamente 8,8 cm aos 14 anos e 10,9 cm de DAP aos 25 anos, resultados inferiores a Linhares. Provavelmente a ausência de desbaste, dos 13 aos 18 anos, prejudicou o crescimento. Existem populações conservadas ex-situ em São Paulo (Siqueira & Nogueira 1992). É muito suscetível a bifurcações nos plantios a pleno sol, com muitas ramificações, e necessita de sombra parcial, preferencialmente em plantios de enriquecimento, para melhorar sua forma e estimular o crescimento em altura, como no caso da foto da página anterior. A alta mortalidade no início do plantio requer atenção.

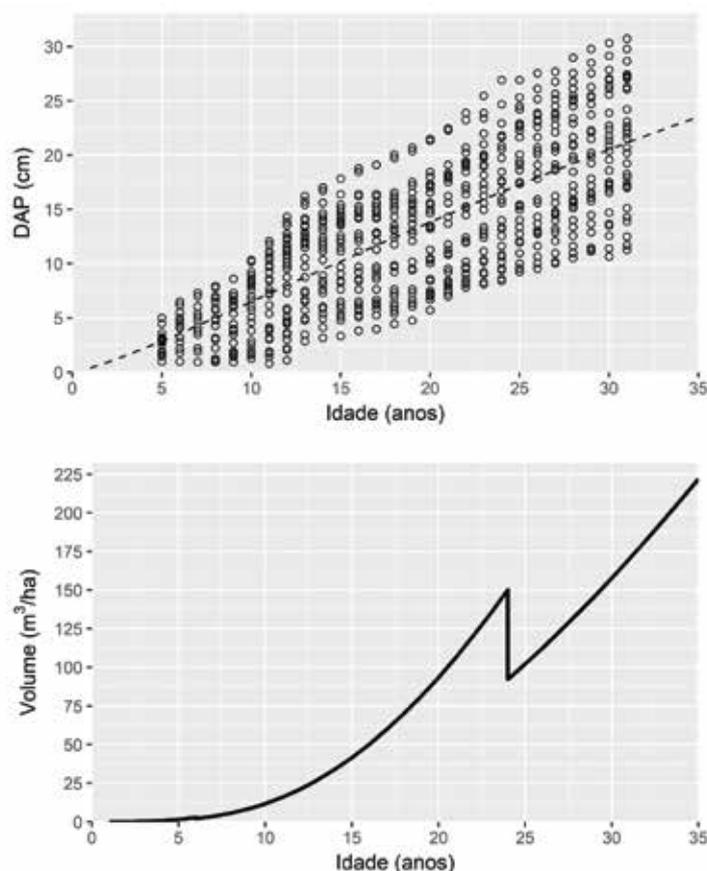
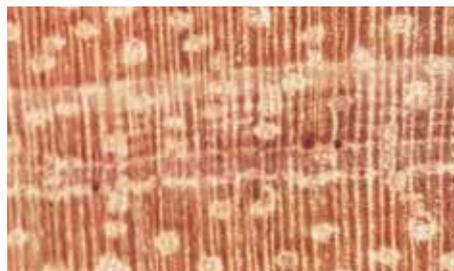


Figura 30. Crescimento em diâmetro de *Copaifera langsdorffii* em Linhares (ES), em plantio consorciado, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6 e 24 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e alburno distintos, cerne castanho com feixes enegrecidos e alburno bege acinzentado, odor característico, gosto levemente adstringente, textura média, grã direita a irregular, brilho contrastado.

**Descrição Anatômica Macroscópica:**

**Parênquima Axial:** pouco visível sem auxílio de lente, paratraqueal aliforme losangular e em faixas marginais. **Raios:** pouco visíveis sem auxílio de lente no plano transversal e visível apenas sob lente no plano longitudinal tangencial, contrastado no plano longitudinal radial, finos, numerosos, não estratificado. **Vasos:** pouco visíveis sem auxílio de lente, médios, muito poucos a poucos, porosidade difusa, predominantemente solitários e geminados em arranjo radial. Canais axiais intercelulares secretores, em disposição tangencial, envolvidos pelo parênquima em faixa marginal. **Camadas de Crescimento:** Demarcadas por parênquima em faixa marginal.

**Propriedades Físicas e Mecânicas**

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,669
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,547
Variação volumétrica (contração %)	9,94
Coefficiente de anisotropia	1,58
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	639,09
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	110,33
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	276,73
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	406,67 – 505,00

Ensaio conduzido baseado no documento normativo ABNT 7190:1997

**Trabalhabilidade e indicações de uso**

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
regular	ruim	ruim	ruim	regular	ruim	muito ruim	regular	regular	53% aceita; 47% não aceita

Ensaio conduzido baseado no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade média. Dureza média. Pouca tendência a empenamentos e torcimentos. Indicada para usos estruturais leves, movelaria, esquadrias, embalagens, caixotaria, utensílios. Comportamento regular a ruim no aplainamento. Comportamento regular a ruim em furações por brocas helicoidais e ruim a muito ruim nas furações com broca chata. Lixamento regular e fresamento lateral também regular. Aproximadamente metade das amostras avaliadas apresentaram problemas na inserção de pregos, sendo percebidos fendilhamentos e arrancamentos de pequenas porções de madeira na saída dos pregos passantes.





*Libidibia ferrea* var. *parvifolia* Benth. (Fabaceae)



**Distribuição:** essa variedade de pau-ferro, também conhecida como giúna, é uma espécie que ocorre em algumas áreas de floresta estacional nos estados de Espírito Santo, Bahia, Pernambuco e Ceará (Lewis, 2015). O pau-ferro é uma planta bastante conhecida devido ao uso generalizado na arborização urbana (essa e outras variedades), entretanto de pouco aproveitamento madeireiro, provavelmente por ser muito dura e difícil de trabalhar.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio puro realizado em Linhares (n=196 árvores), no espaçamento 2x2 m, onde as árvores remanescentes aos 24 anos apresentaram fustes curtos e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 16% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 30,90 \exp^{-4,97 I^{-0,7867}}$$

Os modelos mostram uma tendência de estagnação do diâmetro após 15 anos, sendo estimado aos 35 anos um volume em 219 m<sup>3</sup>/ha para 783 árvores/ha, com DAP médio de 22,8 cm e uma altura do fuste de 9,4 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 6,2 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,65 cm/ano e a biomassa estocada em 256 Mg/ha. No plantio em Linhares esse volume de madeira está superestimado, pois os fustes são curtos e a espécie precisa ser melhor conduzida com desramas apropriadas para alcançar a altura e conseqüentemente o volume estimado pelo modelo. Não existem referências de crescimento em plantios para esta variedade, mas a variedade *leiostachya* citada por Nogueira (1977) num plantio de restauração apresentou um crescimento um pouco inferior ao encontrado em Linhares. A variedade *leiostachya* em plantio silvicultural em São Paulo apresentou DAP igual a 18 cm aos 27 anos (Gurgel Filho et al., 1982e), também um pouco inferior a Linhares. Na Bahia, no arboreto da Ceplac, Vinha & Lobão (1989) registraram DAP igual a 7,1 cm aos 16 anos, muito inferior ao registrado em Linhares. A espécie apresentou um bom crescimento inicial, mas provavelmente pela falta de desbastes estagnou após 15 anos. É muito suscetível a bifurcações em plantios a pleno sol, devendo ser plantada em sombra parcial, preferencialmente em plantios de enriquecimento, o que pode estimular o crescimento em altura, mas não dispensa desramas artificiais, que deve ser uma das prioridades para manejo dessa espécie.

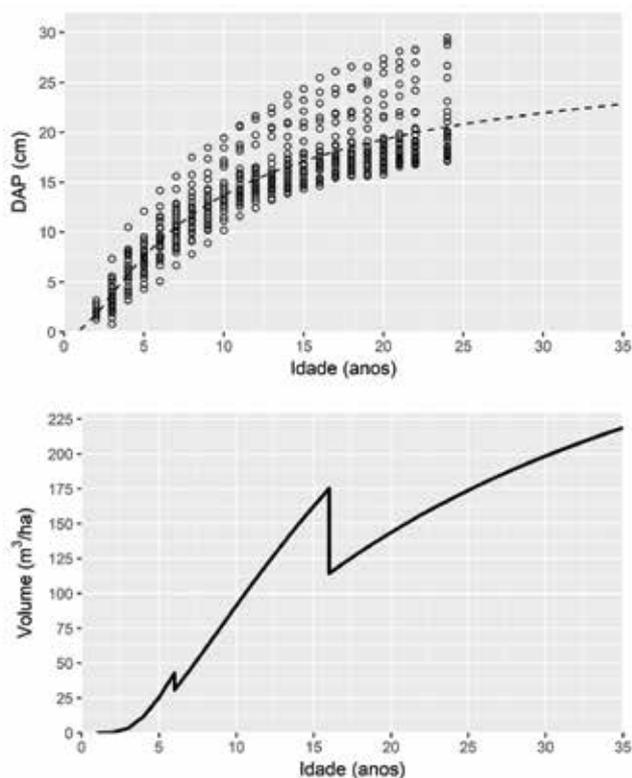


Figura 31. Crescimento em diâmetro de *Libidibia ferrea* em Linhares (ES), em plantio puro, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6 e 16 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e alburno distintos, cerne pardo escuro com aspecto fibroso e alburno amarelo claro com aspecto fibroso, odor não característico, gosto amargo, textura média, grã direita, brilho contrastado.

### Descrição Anatômica Macroscópica:

**Parênquima Axial:** visível sem auxílio de lente, paratraqueal aliforme losangular, aliforme com extensão linear, confluyente e em linhas. **Raios:** poucos visíveis sem auxílio de lente nos planos transversal e longitudinal tangencial, pouco contrastado no plano longitudinal radial, finos, numerosos, estratificados. **Vasos:** visíveis apenas sob lente, pequenos, numerosos, porosidade difusa, predominantemente solitários e geminados em arranjo tangencial. **Camadas de Crescimento:** demarcadas por zonas fibrosas.

### Propriedades Físicas e Mecânicas

Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	1,080
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,814
Variação volumétrica (contração %)	16,22
Coefficiente de anisotropia	1,50
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	779,73
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	181,65
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	358,34
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	1145,00 – 1215,00

Ensaio conduzido baseado no documento normativo ABNT 7190:1997

### Trabalhabilidade e indicações de uso

Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
boa	boa	regular	ruim	regular	regular	regular	regular	regular	100% não aceita

Ensaio conduzido baseado no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de densidade alta, boa estabilidade, sem tendência a torcimentos e empenamentos. Indicada para construção civil e usos estruturais. Também pode ser utilizada para o segmento de esquadrias e móveis. Devido à sua alta dureza pode ser indicada para confecção de pisos. Bom comportamento na operação com plaina de corte periférico, furação difícil assim como lixamento e fresamento lateral (rasgo) também difíceis. Grande dificuldade na inserção de pregos pois ocorre arrancamento de cavacos e pequenos pedaços de madeira na saída dos pregos gerando trincas. Podem ser estudados e indicados elementos de ligação especiais e realizadas pré-furações para unir peças da madeira de pau ferro.





*Moldenhawera papillanthera* L.P.Queiroz, G.P.Lewis & R.Allkin (**Fabaceae**)



**Distribuição:** o caingá é uma espécie endêmica da floresta atlântica do Espírito Santo (Queiroz, 2015). Foi bastante explorada localmente na região, mas é desconhecida no mercado madeireiro.



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio consorciado com jequitibá-branco (*Cariniana estrellensis*, n=72 árvores por espécie) realizado em Linhares no espaçamento 3x2,5 m. As árvores remanescentes de *Moldenhawera papillanthera* aos 30 anos apresentaram fustes curtos, tortuosos e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 29% até os 10 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 73,09 (1 + 104,60 \exp^{-1,059 \ln(I)})^{-1}$$

Os modelos mostram uma tendência de lento crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 212 m<sup>3</sup>/ha para 894 árvores/ha, com DAP médio de 21,4 cm e uma altura do fuste de 9,0 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 6,0 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,61 cm/ano e a biomassa estocada em 192 Mg/ha. No plantio em Linhares esse volume de madeira está superestimado, pois os fustes são curtos e a espécie precisa ser melhor conduzida com desramas apropriadas para alcançar a altura e conseqüentemente o volume estimado pelo modelo. Para melhorar seu crescimento, desbastes deveriam ter sido melhor aplicados, principalmente aos 12 e 25 anos. Mantido o atual ritmo de crescimento o DAP médio alcançará 30 cm após 50 anos de idade, com cerca de 450 árvores/ha. É muito suscetível a bifurcações e produz fustes tortuosos em plantios a pleno sol. Plantios em sombra parcial podem estimular seu crescimento em altura, diminuir bifurcações e dar fustes mais retilíneos, mas não dispensa desramas artificiais, que deve ser uma das prioridades para manejo desta espécie. A alta mortalidade no início do plantio requer atenção.

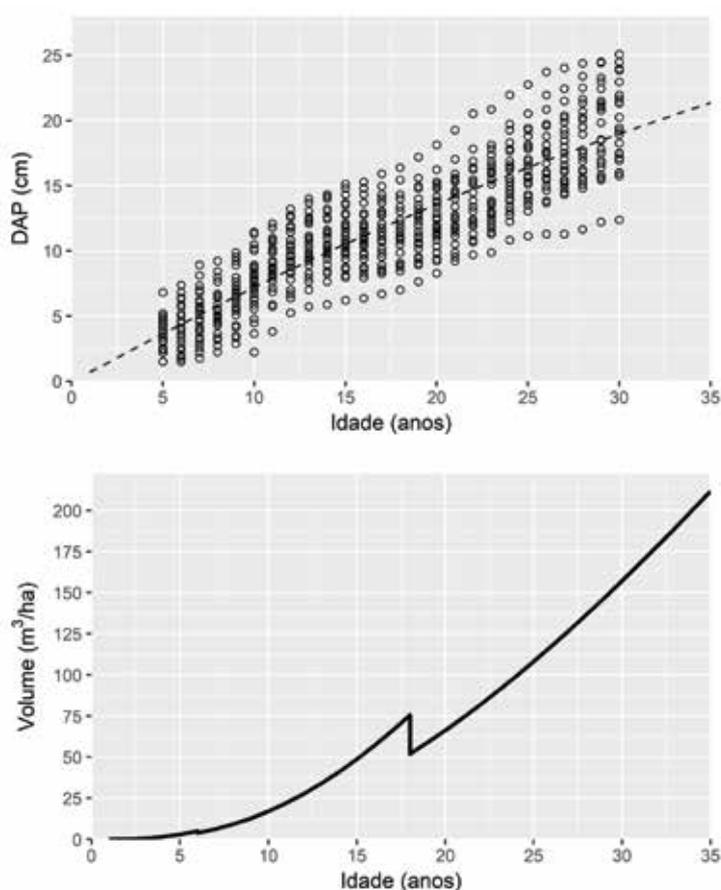


Figura 32. Crescimento em diâmetro de *Moldenhawera papillanthera* em Linhares (ES), em plantio consorciado com *Cariniana estrellensis*, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6 e 18 anos.



(Característica da madeira)



(Corte transversal, zoom 10x)

**Características Gerais da Madeira:** cerne e alburno pouco distintos, cerne castanho claro e alburno bege claro, odor característicos, gosto indistinto, grã direita, textura média, brilho contrastado.

**Descrição Anatômica Macroscópica:**

Parênquima Axial: visível apenas sob lente, paratraqueal escasso. Raios: visíveis sem auxílio de lente no plano transversal e visível apenas sob lente no plano longitudinal tangencial, sem contraste no plano longitudinal radial, finos, numerosos, não estratificados. Vasos: visíveis sem auxílio de lente, médios, pouco numerosos, porosidade difusa, solitários e múltiplos radiais (2-3 vasos). Camadas de Crescimento: demarcadas por zonas fibrosas.

Propriedades Físicas e Mecânicas	
Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> - amostra seca ao ar)	0,703
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,590
Varição volumétrica (contração %)	10,20
Coefficiente de anisotropia	1,93
Módulo de ruptura na flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	729,05
Resistência máxima ao cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	109,84
Resistência máxima à compressão paralela às fibras (kgf/cm <sup>2</sup> )	421,01
Dureza Janka (kgf) – paralela e perpendicular às fibras	538,33 – 586,67

Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ABNT 7190:1997

Trabalhabilidade e indicações de uso									
Aplainamento		Furações com Brocas Helicoidais (passantes)			Furações com Broca Chata (10mm)		Lixamento	Rasgo Lateral	Fendilhamento por pregos (% de aceitação)
Favor	Contra	6 mm	8 mm	10 mm	Passante	Não passante			
excelente	boa	excelente	boa	boa	ruim	regular	boa	excelente	28% aceita; 72% não aceita

Ensaio conduzidos baseados no documento normativo ASTM 1666:1994

Madeira de média densidade. Média a alta anisotropia e baixa estabilidade dimensional, com tendência a empenamentos. Dureza média. Indicada para usos estruturais leves, móveis, esquadrias, utensílios, embalagens, forros, cabos de ferramentas e revestimentos. Boa a excelente trabalhabilidade nas operações de aplainamento, rasgo lateral e furações com brocas helicoidais. Resultado ruim nas furações com brocas chatas. Bom lixamento. Inserção de pregos regular, na maioria das amostras avaliadas ocorreu arrancamento de fibras e formação de pequenas rachaduras no momento da saída dos pregos passantes.





## *Vataireopsis araroba* (Aguiar) Ducke (**Fabaceae**)



**Distribuição:** O angelim-amargoso é uma espécie que ocorre em algumas áreas de floresta ombrófila e estacional nos estados de Minas Gerais, Bahia, Rio de Janeiro e Espírito Santo (Cardoso, 2015b). É a única espécie do gênero na Mata Atlântica, mas todas as 3 espécies do gênero no Brasil possuem alto valor madeireiro (Lima, 1980) e geralmente todas as espécies comercializadas como angelim são muito bem aceitas no mercado devido aos desenhos naturais da madeira (Nahuz et al., 2013).



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio puro realizado em Linhares (n=196 árvores), no espaçamento 2x2 m, onde as árvores remanescentes aos 23 anos apresentaram fustes curtos, tortuosos e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 55% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 48,59 \exp^{-3,54 I^{-0,4858}}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 232 m<sup>3</sup>/ha para 607 árvores/ha, com DAP médio de 25,9 cm e uma altura do fuste de 10,3 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 6,6 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,74 cm/ano e a biomassa estocada em 266 Mg/ha. No plantio em Linhares esse volume de madeira está superestimado, pois os fustes são curtos e a espécie precisa ser melhor conduzida com desramas apropriadas para alcançar a altura e conseqüentemente o volume estimado pelo modelo. Não existem referências de crescimento para esta espécie, mas o resultado em Linhares pode ser considerado promissor, considerando que o DAP médio é igual a 21 cm aos 20 anos, entretanto a partir dos 20 anos a taxa de crescimento é lenta, sugerindo um ciclo longo para esta espécie atingir 30 cm de DAP. Mas provavelmente a ausência de desbastes adequados a partir de 16 anos interferiu no crescimento. É muito suscetível a bifurcações em plantios a pleno sol, devendo ser plantada em sombra parcial, preferencialmente em plantios de enriquecimento, o que pode estimular o crescimento em altura, mas não dispensa desramas artificiais, que deve ser uma das prioridades para manejo desta espécie. A alta mortalidade no início do plantio requer atenção.

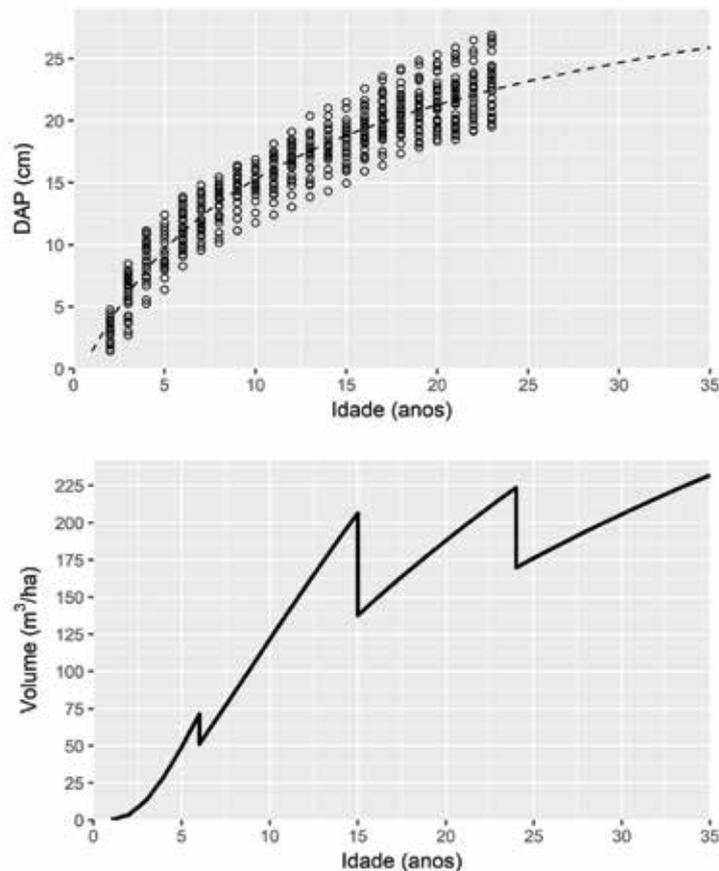


Figura 33. Crescimento em diâmetro de *Vataireopsis araroba* em Linhares (ES), em plantio puro, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6, 15 e 24 anos.



## *Goniorrhachis marginata* Taub. (Fabaceae)



**Distribuição:** o guaribú amarelo ou itapecurú-amarelo é uma espécie que ocorre em áreas de floresta estacional e ombrófila na Mata Atlântica de Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia, Sergipe e Alagoas (Lima, 2015f). É uma espécie que foi muito explorada nas áreas de ocorrência, de excelente qualidade, semelhante ao roxinho (*Peltogyne* sp), considerada praticamente imputrescível (Matos-Filho, 1965).



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio puro realizado em Linhares (n=196 árvores) no espaçamento 2x2 m, onde as árvores remanescentes aos 23 anos apresentaram fustes curtos, tortuosos e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 13% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 49,36 \exp^{-5,15 I^{-0,5634}}$$

Os modelos mostram uma tendência de crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 227 m<sup>3</sup>/ha para 672 árvores/ha, com DAP médio de 24,6 cm e uma altura do fuste de 9,9 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 6,5 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,70 cm/ano e a biomassa estocada em 270 Mg/ha. No plantio em Linhares esse volume de madeira está superestimado, pois os fustes são curtos e a espécie precisa ser melhor conduzida com desramas apropriadas para alcançar a altura e conseqüentemente o volume estimado pelo modelo. Não foram encontrados dados de crescimento dessa espécie, sendo que os dados de Linhares indicam que a espécie pode atingir 30 cm de DAP médio em ciclos de 50 anos. É muito suscetível a bifurcações em plantios a pleno sol, devendo ser plantada em sombra parcial, preferencialmente em plantios de enriquecimento, o que pode estimular o crescimento em altura, mas não dispensa desramas artificiais, que deve ser uma das prioridades para manejo dessa espécie.

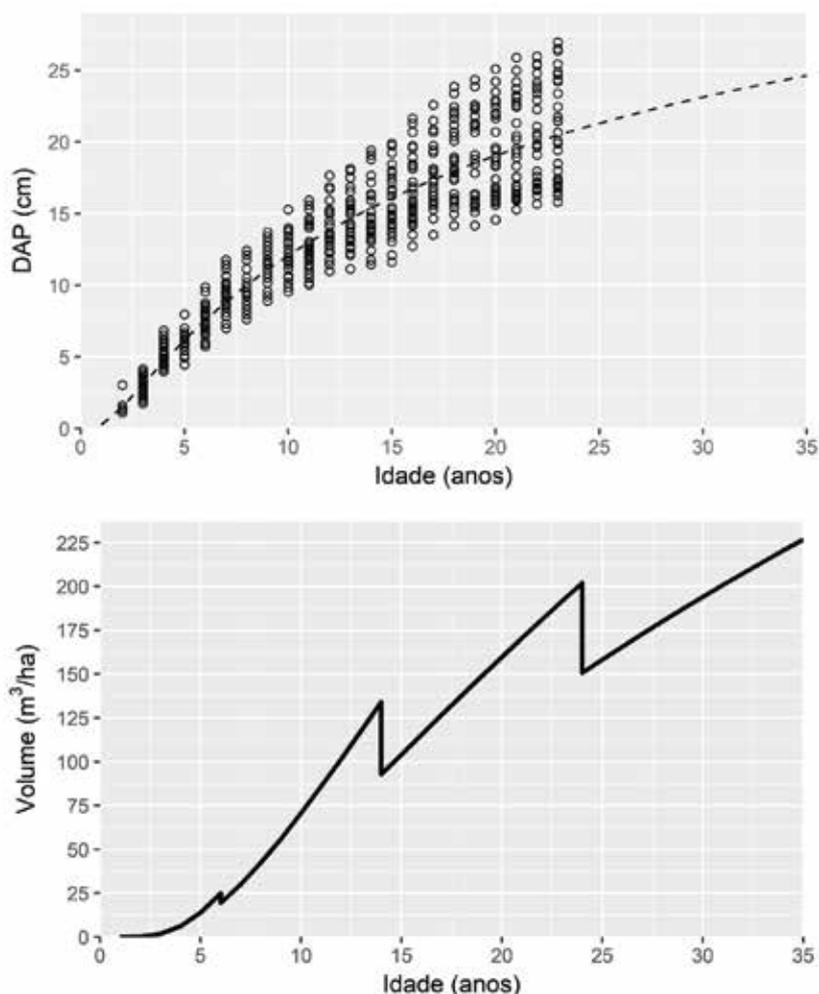


Figura 34. Crescimento em diâmetro de *Goniorrhachis marginata* em Linhares (ES), em plantio puro, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m com desbastes aos 6, 14 e 24 anos.



*Vatairea heteroptera* (Allemão) Ducke (**Fabaceae**)



**Distribuição:** o angelim-aracuí ocorre na floresta atlântica do Paraná até Sergipe e Alagoas (Cardoso, 2015a). É uma das duas espécies do gênero na Mata Atlântica, mas geralmente todas as espécies comercializadas como angelim são muito bem aceitas no mercado devido aos desenhos naturais da madeira (Nahuz et al., 2013).



**Crescimento e Produtividade Média:** Os dados de crescimento foram obtidos em um plantio puro (n=196 árvores) realizado em Linhares, no espaçamento 2x2 m, onde as árvores remanescentes aos 22 anos apresentaram fustes curtos, tortuosos e boa sanidade. A mortalidade foi igual a 17% até os 5 anos de idade. A equação ajustada para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) em função da idade (I) é:

$$DAP = 29,25 \exp^{-5,62 I^{-0,8561}}$$

Os modelos mostram uma tendência de lento crescimento até 35 anos, quando o volume é estimado em 217 m<sup>3</sup>/ha para 814 árvores/ha, com DAP médio de 22,4 cm e uma altura do fuste de 9,3 m. O IMA em volume nessa idade é estimado em 6,2 m<sup>3</sup>/ha/ano, o IMA em diâmetro em 0,64 cm/ano e a biomassa estocada em 240 Mg/ha. No plantio em Linhares esse volume de madeira está superestimado, pois os fustes são curtos e a espécie precisa ser melhor conduzida com desramas apropriadas para alcançar a altura e conseqüentemente o volume estimado pelo modelo. Não existem referências de crescimento para essa espécie, sendo que os dados de Linhares indicam que a espécie pode atingir 30 cm de DAP somente após 50 anos. Mas provavelmente a ausência de desbastes adequados a partir dos 15 anos interferiu no crescimento em diâmetro. É muito suscetível a bifurcações em plantios a pleno sol, devendo ser plantada em sombra parcial, preferencialmente em plantios de enriquecimento, o que pode estimular o crescimento em altura, mas não dispensa desramas artificiais, que deve ser uma das prioridades para manejo dessa espécie.

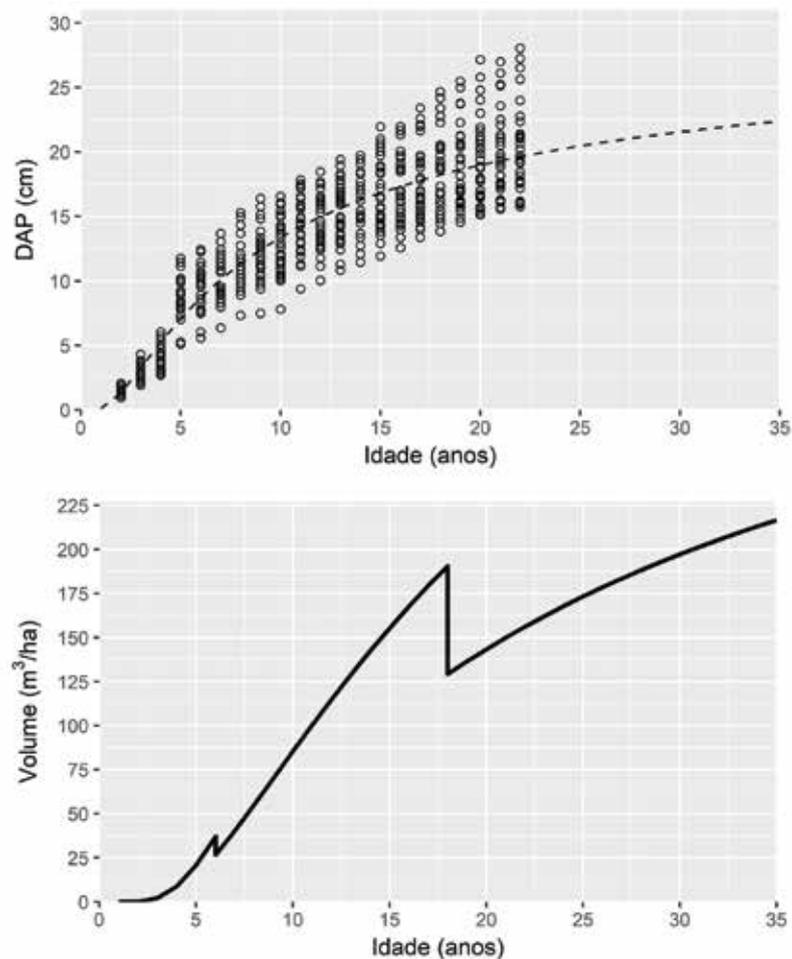


Figura 35. Crescimento em diâmetro de *Vatairea heteroptera* em Linhares (ES), em plantio puro, e simulação da produção volumétrica a partir de um plantio 3x2 m, com desbastes aos 6 e 18 anos.

## 4. Referências

- Almeida Jr., E.B. 2015. *Manilkara* in Lista de Espécies Aidar, M.P.M.; Joly, C.A. 2003. Dinâmica da produção e decomposição da serapilheira do araribá (*Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth. - Fabaceae) em uma mata ciliar, Rio Jacaré-Pepira, São Paulo. Revista Brasileira de Botânica, 26(2):193-202.
- Albrechtsen, E. 1975. Um exemplo prático de ensaios de espécies na região bragantina (parte baixa da Amazônia brasileira). Brasil Florestal, 6(21):12-19.
- Alencar, J.C.; Araujo, V.C. 1980. Comportamento de espécies florestais amazônicas quanto à luminosidade. Acta Amazônica, 10(3):435-444.
- Almeida, D.G. 1943. Contribuição à dendrometria das essências florestais. Rio de Janeiro, Serviço de Informação Agrícola, 258p.
- Almeida, J.R.G.S.; Silva-Filho, R.N.; Nunes, X.P.; Dias, C.S.; Pereira, F.O.; Lima, E.O. 2006. Antimicrobial activity of the essential oil of *Bowdichia virgilioides* Kuntz. Brazilian Journal of Pharmacognosy 16(Supl.):638-641.
- Andrade, V.H.F. 2015. Modelos de crescimento para *Hymenaea courbaril* L. e *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose em floresta de terra firme utilizando análise de anéis de crescimento. Dissertação de Mestrado UFPR.
- Araújo, D.; Sebbenn, A.M.; Zanatto, A.C.S.; Zanata, M.; Morais, E.; Moraes, M.L.T.; Freitas, M.L.M. 2014. Variação genética para caracteres silviculturais em progênies de polinização aberta de *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae). Cerne, 20(1):61-68.
- Arruda, R.; Fadini, R.F.; Carvalho, L.N.; Del-Claro, K.; Mourão, F.A.; Jacobi, C.M.; Teodoro, G.S.; van den Berg, E.; Caires, C.S.; Dettke, G.A. 2012. Ecology of neotropical mistletoes: an important canopy dwelling component of Brazilian ecosystems. Acta Botanica Brasilica, 26:264-274.
- Barrichelo, L.E.G.; Foelkel, C.E.B. 1975. Utilização de madeiras de essências florestais nativas na obtenção de celulose: bracatinga (*Mimosa bracatinga*), embaúba. (*Cecropia* sp.), caixeta (*Tabebuia cassinoides*) e boleira (*Joannesia princeps*). Revista IPEF, 10:43-56.
- Bastos, H.M. 1952. Contribuição para o conhecimento dendrológico das espécies do gênero *Centrolobium*. Rodriguésia, 6:125-167.
- Brienza, S.; Monteiro, D.C.A.; Martorano, L.G.; Lisboa, L.S.; Maestri, M.P.; Schuler, A. Energetic potential of *Sclerolobium paniculatum* vogel (taxi-branco) and its preferential top climatic condition in Eastern Amazonia, Brasil. In: Conference on international research on food security, natural resource management and rural development: Tropentag 2009, Hamburg. [Proceedings...] Hamburg: University of Hamburg, 2009.
- Buongiorno, J. 2015. Global modelling to predict timber production and prices: the GFPM approach. Forestry, 88:291-303.
- Cameron, D.D.; Geniez, J-M.; Seel, W.E.; Irving, L.J. 2008. Suppression of host photosynthesis by the parasitic plant *Rhinanthus minor*. Annals of Botany, 101:573-578.
- Canuto, D.S.O.; Silva, A.M.; Moraes, M.L.T.; Resende, M.D.V. 2016. Estabilidade e adaptabilidade em testes de progênies de *Myracrodruon urundeuva* sob quatro sistemas de plantio. Cerne, 22(2):171-180.
- Cardoso, D.B.O.S. 2015a. *Vatairea* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Cardoso, D.B.O.S. 2015b. *Vataireopsis* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Carvalho, A.M.; Latorraca, J.V.F. Reis, C.A.R.; Silveira, C.E.S. et al. 2018 Avaliações de qualidade da madeira em espécies nativas de plantios florestais. In: Rolim, S.G.; Piotto, D. (Eds.) Silvicultura e Tecnologia de espécies da Mata Atlântica. Editora Rona, Belo Horizonte, p.45-52.
- Carvalho, P.E.R. 2003. Espécies arbóreas brasileiras. v. 1. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 1039p.
- Carvalho, P.E.R. 2008. Espécies arbóreas brasileiras. v. 3. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 593p.
- Carvalho, P.E.R. 2010. Espécies arbóreas brasileiras. v. 4. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 644p.
- Chierrito, T.P.; Aguiar, A.C.; Andrade, I.M.; Ceravolo, I.P.; Gonçalves, R.A.; de Oliveira, A.J.; Krettli, A.U. 2014. Anti-malarial activity of indole alkaloids isolated from *Aspidosperma olivaceum*. Malaria Journal, 13:142.
- Coimbra-Filho, A.F. Contribuição para o estudo do desenvolvimento inicial da Peroba-do-campo. Revista Agronomia, 10(3): 187-192, 1951.
- Cordeiro, I.; Secco, R. 2015. *Joannesia* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Dewar, R.C.; Cannell, M.G. 1992. Carbon sequestration in the trees, products and soils of forest plantations: an analysis using UK examples. Tree Physiology, 11(1):49-71.
- Duarte, M.C. 2015. *Pachira* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Engel, V.L.; Poggiani, F. 1990. Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências

- nativas e suas implicações ecológicas e silviculturais. *Revista IPEF*, 43-44:1-10.
- Esteves, G. 2015. *Ochroma* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Faria, M.C.G. 2016. Potencial madeireiro de 22 espécies arbóreas do Cerrado: caracterização anatômica, física e energética. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, 103p.
- Faria, S.M.; Franco, A.A.; Jesus, R.M.; Menandro, M.S.; Baitello, J.B.; Mucci, E.S.F.; Dobereiner, J.; Sprent, J.I. 1984. New nodulating legume trees from south-east Brazil. *New Phytologist*, 98:317-328.
- Farias Neto, J.T.; Castro, A.W.V. 1999. Avaliação de progênies de taxi-branco (*Sclerobium paniculatum*) e estimativas de parâmetros genéticos. *Acta Amazonica*, 29(3):423-423.
- Ferreira, W.C.; Freitas, D.V.; Dias, D.P.; Botelho, S.A. 2016. Crescimento de espécies arbóreas plantadas em área de exploração de cascalho em usina hidrelétrica. *Enciclopédia Biosfera*, 13(24):340-353.
- Freitas, M.L.M.; Aukar, A.P.A.; Sebbenn, A.M.; Moraes, M.L.T.; Lemos, E.G.C. 2006. Variação genética em progênies de *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão em três sistemas de cultivo. *Revista Árvore*, 30(3):319-329.
- Gagnon, E.; Bruneau, A.; Hughes, C.E.; Queiroz, L.P.; Lewis, G.P. 2016. A new generic system for the pantropical *Caesalpinia* group (Leguminosae). *PhytoKeys*, 71:1-160.
- Gurgel Filho, O.A.; Moraes, J.L.; Gurgel Garrido, L.M.A. 1982b. Espécies nativas euxilóforas. *Silvicultura em São Paulo*, 16 A (2): 890-894.
- Gurgel Filho, O.A.; Moraes, J.L.; Gurgel Garrido, L.M.A. 1982c. Silvicultura de essências indígenas sob povoamentos homóclitos coetâneos experimentais. IV- Jatobá (*Hymenaea stilbocarpa* Hayne). *Silvicultura em São Paulo*, 16 A (2): 857-861.
- Gurgel Filho, O.A.; Moraes, J.L.; Gurgel Garrido, L.M.A. 1982d. Silvicultura de essências indígenas sob povoamentos homóclitos coetâneos experimentais I - Araribá amarelo (*Centrolobium tomentosum* Benth.). *Silvicultura em São Paulo*, 16 A (2): 841-846.
- Gurgel Filho, O.A.; Moraes, J.L.; Gurgel Garrido, L.M.A. 1982e. Silvicultura de essências indígenas sob povoamentos homóclitos coetâneos experimentais. V - Pau ferro (*Caesalpinia leiostachya* (Benth.) Ducke). *Silvicultura em São Paulo*, 16 A (2): 862-866.
- Gurgel Filho, O.A.; Moraes, J.L.; Morais, E. 1982a. Caracteres silviculturais e competição entre espécies folhosas. *Silvicultura em São Paulo*, 16 A (2): 895-900.
- Gurgel Garrido, L.M.A.; Cruz, S.F.; Faria, H.H.; Garrido, M.A.O.; Vilas Boas, O. 1997. Efeitos do sombreamento no crescimento da aroeira – *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. *Revista do Instituto Florestal*, 9:47-56.
- Harritt, M.M. 1991. Ecology and genetic variation of four hardwoods of Brazil's Atlantic forest regions. PhD Dissertation. North Carolina State University, USA.
- Iganci, J.R.V. 2015. *Parkia* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Jesus, R.M.; Garcia, A.; Tsustumi, I. Comportamento de doze espécies florestais na Mata Atlântica em povoamentos puros. *Revista do Instituto Florestal*, 4(2):491-496.
- Kageyama, P.Y.; Castro, C.F.A. 1989. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. *Revista Ipef*, 41/42:83-93.
- Klitgaard, B.B. 2015. *Centrolobium* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Koch, I.; Rapini, A.; Simões, A.O.; Kinoshita, L.S.; Spina, A.P.; Castello, A.C.D. 2015. Apocynaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Lewis, G.P. 2015. *Libidibia* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Lima, H.C. 1980. Revisão taxonômica do gênero *Ducke Vataireopsis* (Leg. Fab.). *Rodriguésia*, 32(54):21-40.
- Lima, H.C. 2015a. *Dalbergia* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Lima, H.C. 2015b. *Tachigali* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Lima, H.C. 2015c. *Pterocarpus* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Lima, H.C. 2015d. *Barnebydendron* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Lima, H.C. 2015e. *Amburana* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Lima, H.C. 2015f. *Goniorrhachis* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Lima, H.C.; Cardoso, D.B.O.S. 2015. *Bowdichia* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio

- de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Lima, H.C.; Pinto, R.B. 2015. *Hymenaea* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Lohmann, L.G. 2015. Bignoniaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Loureiro, A.A.; Silva, M.F.; Alencar, J.C. 1979. Essências madeireiras da Amazônia. Vol. II. INPA/SUFRAMA. Manaus, Brasil. 187p.
- Luz, H.F.; Ferreira, M. Ipê-felpudo (*Zeyheria tuberculosa* (Vell) Bur.): essência nativa pioneira com grande potencial silvicultural. IPEF, Piracicaba, n. 31, p. 13-21, 1985.
- Marín-Spiotta, E.; Sharma, S. 2013. Carbon storage in successional and plantation forest soils: a tropical analysis. *Global Ecology and Biogeography*, 22:105-117.
- Marquete, N.; Loiola, M.I.B. 2015. Combretaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Martins, D.; Ferreira, P.S.F.; Fornazier, M.J.; Santos, J.S. 2016. Coleópteros e hemípteros da Reserva Natural Vale. In: Rolim, S.G.; Menezes, L.F.T. & Srbek-Araujo, A.C. Floresta Atlântica de Tabuleiro: Diversidade e Endemismos na Reserva Natural Vale. Editora Rona, Belo Horizonte. Pp. 341-363.
- Matos, E.N. 2016. Pesquisa sobre projetos de silvicultura tropical no Sul da Bahia. Instituto Floresta Viva e Instituto Arapyau. Relatório de Pesquisa, 92p.
- Matsunaga, M.; Sugiyama, M.; Minato, K.; Norimoto, M. 1996. Physical and mechanical properties required for violin bow materials. *Holzforschung*, 50:511-517.
- Mattos Filho, A., 1965. Contribuição ao estudo anatômico do lenho de *Goniorrhachis marginata* Taub. *Arquivos do Jardim Botânico*, 18:220-225.
- Mengarda, L.H.G.; Souza, R.L.F.; Campostrini, E.; Reis, F.O.; Vendrame, W.A.; Cuzzuol, G.R.F. 2009. Light as an indicator of ecological succession in brazilwood (*Caesalpinia echinata* Lam.). *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 21(1):55-64.
- Metzger, J.P.; Esler, K.; Krug, C.; Arias, M. Tambosi, L.; et al. 2017. Best practice for the use of scenarios for restoration planning. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 29:14-25.
- Milanez, F.R. 1939. Estudo do lenho de trinta espécies do gênero *Aspidosperma*. *Physis*, 37.
- Montagnini, F.; Fanzeres, A.; Vinha, S.G. 1994. Studies on Restoration Ecology in the Atlantic Forest region of Bahia, Brazil. *Interciencia*, 19(6):323-330.
- Montagnini, F.; Porras, C. 1998. Evaluating the role of plantations as carbon sinks. *Environmental Management*, 22(3):459-470.
- Morim, M.P.; Barros, M.J.F. 2015. *Senegalia* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Nahuz, M.A.R.; Miranda, M.J.A.C.; Yelo, P.K.Y.; Pigozzo, R.J.B.; Yojo, T. 2013. Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil. IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 103p.
- Nogueira, J.C.B. 1977. Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas. *Boletim Técnico do Instituto Florestal de São Paulo*, 24:1-71.
- Oliveira, V.B.; Freitas, M.S.M.; Mathias, L.; Braz Filho, R.; Vieira, I.J.C. 2009. Atividade biológica e alcalóides indólicos do gênero *Aspidosperma* (Apocynaceae): uma revisão. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 11(1):92-99.
- Orellana, J.B.P. 2015. Valorização tecnológica da madeira de *Tachigali vulgaris* proveniente de plantios de dois sítios distintos localizados no estado do Amapá. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 74p.
- Payn, T.; Carnus, J.M.; Freer-Smith, P.; Kimberley, M.; Kollert, W.; Liu, S.; Orazio, C.; Rodriguez, L.; Silva, L.N.; Wingfield, M.J. 2015. Changes in planted forests and future global implications. *Forest Ecology and Management*, 352:57-67
- Pennington, T. 2015. *Andira* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Piotto, D.; Rolim, S.G.; Montagnini, F.; Calmon, M. 2018. Sistemas silviculturais com espécies nativas na Mata Atlântica: panorama, oportunidades e desafios. In: Rolim, S.G.; Piotto, D. (Eds.) *Silvicultura e Tecnologia de espécies da Mata Atlântica*. Editora Rona, Belo Horizonte, p.9-19.
- Pirani, J.R.; Thomas, W.W. 2015. Simaroubaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Pirard, R.; Secco, L.; Warman, R. 2016. Do timber plantations contribute to forest conservation? *Environmental Science & Policy*, 57:122-130.
- Powers, R.F.; Busse, M.D.; McFarlane, K.J.; Zhang, J.; Young, D.H. 2013. Long-term effects of silviculture on soil carbon storage: does vegetation control make a difference? *Forestry*, 86: 47-58.
- Queiroz, L.P. 2015. *Moldenhawera* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.

- Queiroz, L.P.; Martins-da-Silva, R.C.V.; Costa, J. 2015. *Copaifera* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Ribeiro, E.S.; Souza, R.A.T.M.; Paula, M.H.; Mesquita, R.R.S.; Moreira, E.L.; Fazon, H. 2016. Espécies florestais comercializadas pelo estado de Mato Grosso. *Biodiversidade*, 15(2):2-20.
- Rigamonte Azevedo, O.C. Wadt, P.G.S; Wadt, L.H.O. 2004. Potencial de produção de óleo-resina de copaíba (*Copaifera* sp.) de populações naturais do sudoeste da Amazônia. *Revista Árvore*, 30(4):583-591.
- Rolim, S.G.; Orellana, E.; Piotto, D.; Vismara, E.S. 2018a. Modelos biométricos para plantios silviculturais com múltiplas espécies na Mata Atlântica do norte do Espírito Santo. In: Rolim, S.G.; Piotto, D. (Eds.) *Silvicultura e Tecnologia de espécies da Mata Atlântica*. Editora Rona, Belo Horizonte, p.21-29.
- Rolim, S.G.; Piotto, D.; Orellana, E. 2018b. Modelos de crescimento em diâmetro para 35 espécies da Mata Atlântica em plantios experimentais no norte do Espírito Santo. In: Rolim, S.G.; Piotto, D. (Eds.) *Silvicultura e Tecnologia de espécies da Mata Atlântica*. Editora Rona, Belo Horizonte, p.31-44.
- Romaniuc Neto, S.; Carauta, J.P.P.; Vianna Filho, M.D.M.; Pereira, R.A.S.; Ribeiro, J.E.L.S.; Machado, A.F.P.; Santos, A.; Pelissari, G.; Pederneiras, L.C. 2015. Moraceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Sebbenn, A.M.; Siqueira, A.C.M.F.; Gurgel Garrido, L.M.A.; Angerami, E.M.R.A. 2000. Variabilidade genética e interação genótipo x locais em jequitibá-rosa - *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze. *Revista do Instituto Florestal*, 12(1):13-23.
- Silva, C.C. 2013. Potencial de espécies nativas para a produção de madeira serrada em plantios de restauração florestal. Dissertação de mestrado, Esalq/USP.
- Silva, F.A.P.R.C.; Robert, R.C.G.; Santos, A.S.; Mendonça, S.D. 2015. Quantificação e Avaliação das Principais Espécies Florestais Licenciadas no Estado do Acre de 2005 a 2012. *Floresta e Ambiente*, 22(4):567-574.
- Silva, L.B.X.; Torres, M.A.V. 1992. Espécies florestais cultivadas pela Copel-PR (1974-1991). *Revista do Instituto Florestal*, 4:585-594.
- Silva, R.P.; Santos, J.; Tribuzy, E.S.; Chambers, J.Q.; Nakamura, S.; Higuchi, N. 2002. Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in Central Amazon, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 166:295-301.
- Silva, S.E.L.; Canto, A.C. 1994. Comportamento de espécies florestais em povoamento puro na região de Manaus-AM. *Ciências Agrárias*, 3(2):37-48.
- Silva-Luz, C.L.; Pirani, J.R. 2015. Anacardiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Siqueira, A.C.M.F.; Nogueira, J.C.B. Essências brasileiras e sua conservação genética no Instituto Florestal de São Paulo. *Revista do Instituto Florestal*, 4(4):1187.
- Smith, N.P.; Mori, S.A.; Prance, G.T. 2016. Lecythidaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Sousa, V.G.; Brienza Jr., S.; Barbosa, M.G.; Martorano, L.G.; Silva, V.C. 2016. Taxi-branco (*Tachigali vulgaris* L.F. Gomes da Silva & H.C. Lima): botânica, ecologia e silvicultura. Documentos Embrapa, 426.
- Souza, C.E.M.; Vilas Bôas, O.; Durigan, G. 2015. Sobrevivência e crescimento de espécies tropicais madeireiras em consórcio com espécie pioneira em diferentes proporções. *Revista do Instituto Florestal*, 27(2):155-165.
- Sousa, O.V.; Fioravante, I.A.; Yamamoto, C.H.; Alves, M.S.; Del-Vechio-Vieira, G.; Araújo, A.L.A. 2007. Propriedades biológicas das sementes de *Joannesia princeps* Vell. *HURevista*, 33(1):23-27.
- Souza C.R.; Lima, R.M.B.; Azevedo, C.P.; Rossi, L.M.B. 2008. Desempenho de espécies florestais para uso múltiplo na Amazônia. *Scientia Forestalis*, 36(77):7-14.
- Souza, C.R.; Azevedo, C.P.; Lima, R.M.B.; Rossi, L.M.B. 2010. Comportamento de espécies florestais em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de capoeira na Amazônia. *Acta Amazonica*, 40(1):127-134.
- Souza, T.S. 2008. Estudo da transesterificação metílica do óleo da cutieira (*Joannesia princeps* Vell.) e da munguba (*Pachira aquatica* Alb.) em meio alcalino. Dissertação mestrado, UFES.
- Stapf, M.N.S. 2015. *Cordia* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível na Flora do Brasil.
- Vinha, S.G.; Lobão, D.E.V.P. 1989. Estação Ecológica do Pau-brasil. Centro de Pesquisas do Cacau. 40 p.
- Warman, R.D. 2014. Global wood production from natural forests has peaked. *Biodiversity and Conservation*, 23(5):1063-1078.
- Watling, J.R.; Press, M.C. 2001. Impacts of infection by parasitic angiosperms on host photosynthesis. *Plant Biology*, 3:244-250.
- Yared, J.A.G. 1990. Silvicultura de algumas espécies nativas da Amazônia. In: Anais do 6º Congresso Florestal Brasileiro, Campos do Jordão, volume 3, 119-122.
- Yared, J.A.G.; Carpanezi, A.A.; Carvalho Filho, A.P. 1980. Ensaio de espécies florestais no Planalto do Tapajós. Embrapa, CPATU, Boletim de Pesquisa, 11, 22p.

# lista de autores

ALEXANDRE MONTEIRO DE CARVALHO – Engenheiro Florestal, Professor Doutor, Núcleo de Pesquisa em Qualidade da Madeira, Departamento de Produtos Florestais, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

CARLOS EDUARDO SILVEIRA DA SILVA – Engenheiro Florestal, doutorando em Ciências Ambientais e Florestais, Núcleo de Pesquisa em Qualidade da Madeira, Departamento de Produtos Florestais, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

CLAUDIA DE AZEVEDO REIS – Engenheira Florestal, mestranda em Ciências Ambientais e Florestais, Núcleo de Pesquisa em Qualidade da Madeira, Departamento de Produtos Florestais, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

DANIEL PIOTTO – Engenheiro Florestal, Professor Doutor, Laboratório de Dendrologia e Silvicultura Tropical, Centro de Formação em Ciências Agroflorestais, Universidade Federal do Sul da Bahia.

EDGAR DE SOUZA VISMARA – Engenheiro Florestal, Professor Doutor, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Florestal.

ENRIQUE ORELLANA – Engenheiro Florestal, Doutor, consultor florestal.

ERNESTO SEIJI SAKAI – Engenheiro Agrônomo, supervisor do Viveiro da Reserva Natural Vale, Linhares (ES).

FLORENCIA MONTAGNINI – Pesquisadora e Diretora do Programa de Florestas Tropicais, Instituto de Sustentabilidade Florestal, Yale School of Forestry & Environmental Studies.

GEOVANE DE SOUZA SIQUEIRA – Biólogo, Curador do Herbário CVRD da Reserva Natural Vale, Linhares (ES).

GLAYCIANNE CHRISTINE VIEIRA DOS SANTOS – Engenheira Florestal, mestranda em Ciências Ambientais e Florestais, Núcleo de Pesquisa em Qualidade da Madeira, Departamento de Produtos Florestais, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

JOÃO VICENTE DE FIGUEIREDO LATORRACA – Engenheiro Florestal, Professor Doutor, Núcleo de Pesquisa em Qualidade da Madeira, Departamento de Produtos Florestais, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

JONACYR DE SOUZA – Dendrometrista na Reserva Natural Vale, Linhares (ES).

JONNYS PAZ CASTRO – Engenheiro Florestal, bolsista de pós-doutorado, Núcleo de Pesquisa em Qualidade da Madeira, Departamento de Produtos Florestais, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

JOSÉ HENRIQUE CAMARGO PACE – Engenheiro Florestal, doutorando em Ciências Ambientais e Florestais, Núcleo de Pesquisa em Qualidade da Madeira, Departamento de Produtos Florestais, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

MARCIO ELIAS DOS SANTOS FERREIRA – Geógrafo, Gerente da Reserva Natural Vale, Linhares (ES).

MIGUEL CALMON, Engenheiro Agrônomo, Doutor, Diretor de Florestas do World Resources Institute, Brasil.

NORMA DA SILVA ROCHA MACIEL – Engenheira Florestal, mestranda em Ciências Ambientais e Florestais, Núcleo de Pesquisa em Qualidade da Madeira, Departamento de Produtos Florestais, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

PAULO CESAR LEAL DE CARVALHO – Graduando em Engenharia Florestal, Núcleo de Pesquisa em Qualidade da Madeira, Departamento de Produtos Florestais, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

RENATO MORAES DE JESUS – Engenheiro Florestal, Doutor, Consultor Florestal.

SAMIR GONÇALVES ROLIM – Engenheiro Agrônomo, Doutor, colaborador do Laboratório de Dendrologia e Silvicultura Tropical, Centro de Formação em Ciências Agroflorestais, Universidade Federal do Sul da Bahia.

