

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

AMANDA MENDONÇA DE ASSIS

CARBONO E DENSIDADE BÁSICA EM LEGUMINOSAS
ARBÓREAS SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2024

AMANDA MENDONÇA DE ASSIS

CARBONO E DENSIDADE BÁSICA EM LEGUMINOSAS
ARBÓREAS SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO

Monografia apresentada ao
Departamento de Ciências
Florestais e da Madeira da
Universidade Federal do Espírito
Santo, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro
Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2024

AMANDA MENDONÇA DE ASSIS

CARBONO E DENSIDADE BÁSICA EM LEGUMINOSAS
ARBÓREAS SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE
PLANTIO

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Aprovada em 24 de junho de 2024

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



MARCOS VINICIUS WINCKLER CALDEIRA

Data: 01/07/2024 08:32:19-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira (orientador)

DCFM/CCAUE/Ufes

Documento assinado digitalmente



DIONE RICHER MOMOLLI

Data: 01/07/2024 09:06:29-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr. Dione Richer Momolli

(coorientador) PPGCFL/Ufes

Documento assinado digitalmente



JORDÃO CABRAL MOULIN

Data: 01/07/2024 08:47:34-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Jordão Cabral Moulin

DCFM/CCAUE/Ufes

Documento assinado digitalmente



GABRIEL SOARES LOPES GOMES

Data: 01/07/2024 10:35:25-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

MSc. Gabriel Soares Lopes Gomes

PPGCFL/Ufes

A Deus que até neste momento me sustentou.

Aos meus pais, Adilson Viçoso e Silvania da Silva que me acolheram nos momentos de dúvida.

A minha avó, Carmelita da Silva, que me apoiou até o último momento e me aconselhou.

“Não fui eu que lhe ordenei? Seja forte e corajoso! Não se apavore, nem se desanime, pois o senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.”

Josué 1:9.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo seu amor, sustento e cuidado me guiando durante essa jornada.

Aos meus pais Adilson Viçoso, Silvânia da Silva e Gilberto Costa pelo apoio e confiança.

Aos meus amigos Joana e Daniela que me aconselharam e apoiaram durante minha trajetória pessoal e profissional.

Agradeço à Joana, Daniela, Iago e Paola por todo momento de descontração e risadas, que contribuiu para alívio da pressão e desenvolvimento dos trabalhos acadêmicos.

Aos meus amigos de longa data, Cecília Machado e Vinicius Adriano que mesmo longe estiveram presentes durante minha graduação.

Aos colegas de pesquisa do NUPEMASE, que de alguma forma contribuíram nessa trajetória.

Ao professor Marcos Vinicius Winckler Caldeira pela orientação, ensinamentos e por abrir as portas do NUPEMASE e permitir a realização deste trabalho.

À Universidade Federal do Espírito Santo pelo ensino e amizades proporcionadas.

À Fapes por todo apoio financeira durante minha trajetória acadêmica.

Ao Ifes pelo apoio técnico e disponibilidade da área para realização da pesquisa.

E a todos os professores que passaram por minha vida me ensinando, incentivando e capacitando.

Muito Obrigada!

RESUMO

Vários padrões de variação da densidade no sentido base-topo, sendo variável de acordo com as características inerentes a espécie e ao sítio. Este trabalho teve como objetivo avaliar o teor de carbono e a densidade básica da madeira em quatro posições da altura comercial do fuste em duas espécies leguminosas arbóreas (*Anadenanthera peregrina* e *Schizolobium parahyba*) estabelecidas em cinco espaçamentos de plantio, sendo 3 × 2 m, 3 × 3 m, 4 × 3 m, 4 × 4 m e 5 × 5 m. A coleta de dados foi realizada no Sul do estado do Espírito Santo, cidade de Alegre. Foram avaliadas 45 árvores por espécie, nas quais amostraram-se discos de madeira em quatro posições da altura do fuste para determinação do teor de carbono e densidade básica. A densidade básica e o teor de carbono da madeira de *Anadenanthera peregrina* e *Schizolobium parahyba* não foi afetado pelo espaçamento de plantio. O teor de carbono variou ao longo do fuste somente para o *Schizolobium parahyba*. A densidade básica na base do fuste foi maior para as duas espécies.

Palavras-chave: *Anadenanthera peregrina*; *Schizolobium parahyba*; Propriedades da madeira; Espaçamento de plantio.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1. Objetivos gerais	3
1.1.2. Objetivos específicos	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. <i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg. var. <i>peregrina</i>	3
2.2. <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> (Huber ex Ducke)	4
2.3. O efeito do espaçamento sob o teor de carbono e densidade básica	4
2.4. Classificação de teor de carbono e densidade básica	5
3. MATERIAL E MÉTODOS	6
3.1. Descrição da área de estudo	6
3.2. Delineamento experimental e coleta de dados	6
3.3. Análise estatística dos dados	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	9
4.1. Teores de carbono e densidade básica da madeira em função do espaçamento de plantio e posições ao longo do fuste	9
4.2. Densidade básica e teor de carbono dos povoamentos de <i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>peregrina</i> e <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	13
5. CONCLUSÃO	15
6. REFERÊNCIAS	16

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Médias do diâmetro à altura do peito e altura comercial das espécies de *Anadenanthera peregrina* e *Schizolobium parahyba*, aos 56 meses de idade, em cada espaçamento de plantio.....7
- Figura 2 - Densidade básica e teor de carbono nas espécies *Anadenanthera peregrina* (A e C) e *Schizolobium parahyba* (B e D), implantadas sob diferentes espaçamentos.10
- Figura 3 - Densidade básica (A) e teor de carbono (B) nas espécies *Anadenanthera peregrina* e *Schizolobium parahyba* ao longo do fuste.....12
- Figura 4 - Densidade básica (A) e teor de carbono (B) nas espécies *Anadenanthera peregrina* e *Schizolobium parahyba*, aos 56 meses de idade.14

1. INTRODUÇÃO

As florestas nativas são essenciais para a absorção de carbono e mitigação das mudanças climáticas, bem como para a preservação da biodiversidade e estabilidade dos ecossistemas (Venzke, 2019; Petri; Maciel; Junior, 2020). A preservação e o uso sustentável das florestas nativas desempenham um papel importante na redução das emissões de gases de efeito estufa e no equilíbrio climático mundial. Em geral, de acordo com Rezende e Constantino (2022), sistemas florestais multifuncionais beneficiam a conservação da biodiversidade e potencializam a capacidade das florestas de absorver carbono, mitigando os efeitos das mudanças climáticas. Essas características enfatizam a importância das florestas nativas para o equilíbrio ambiental e bem-estar humano.

O espaçamento influencia o desenvolvimento e a produtividade das florestas e, por conseguinte, a formação do lenho, visto que ele determina o início e a intensidade de competição entre as árvores pelos recursos naturais como água, luz e nutrientes do solo (Harrington; Harrington; Debell, 2009). Assim, para produção da madeira visando o uso em serrarias, fabricação de postes e mourões, recomenda-se utilizar espaçamento de plantio de 3 x 2 m (Amateis; Burkhart, 2012). Para o mercado de energia a partir da biomassa da madeira o mais usual é 1,8 x 1,8 m (Guerra *et al.*, 2014), diferente do uso para energia, para a produção de papel, celulose e embalagens recomenda-se o espaçamento de plantio de 2,5 x 2,5 m (Taylor; Blazier; Holley, 2007), para laminados e folheados utilizasse espaçamentos mais amplos, como 4 x 4 m (Hérbet *et al.*, 2016).

Em adição, por ser um material biológico complexo, a madeira possui variabilidade em suas propriedades nos sentidos medula-casca e base-topo das árvores (Carneiro, 2017). Vidaurre *et al.* (2020) relataram que para diferentes espécies não há uma tendência definida de aumento ou de redução da densidade ao longo do fuste, o que também pode estar relacionada à idade do plantio. Embora haja estudos que destacam o comportamento de incremento ou redução da densidade, ainda são incipientes os trabalhos que avaliam esses parâmetros em espécies nativas ou de menor interesse econômico.

Por sua vez, a capacidade do sequestro de carbono é influenciada pelos espaçamentos aplicados, devido a interferência na intensidade de luz recebida pelas

plantas (Yu *et al.*, 2016), o carbono orgânico é um dos principais fatores a formação e estabilização dos agregados do solo, deixando-o menos susceptível à erosão (Castro Filho; Muzilli; Podanoschi, 1998). Além disso, o teor de carbono corresponde a 47 % da biomassa de florestas, segundo o guia do Terceiro Inventário do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (Eggleston *et al.*, 2006), sendo as florestas responsáveis por aproximadamente 80 % do carbono total armazenado na vegetação terrestre (Hu *et al.*, 2015), esse armazenamento ocorre através do processo de fotossíntese (Alvarenga; Carmo, 2006).

A densidade da madeira é uma das variáveis mais importantes na avaliação da sua qualidade (Dias *et al.*, 2018), por se relacionar com as características anatômicas e demais propriedades físicas e mecânicas, o que influencia sua estabilidade dimensional e tratabilidade. Essa propriedade física varia em função da espécie, idade, fatores genéticos, locais de crescimento, espaçamento de plantio (Campioli *et al.* 2011; Auty *et al.* 2014; Babst *et al.* 2014), e até mesmo na posição ao longo do tronco (Rios *et al.*, 2018). A densidade da madeira é uma variável que influencia diretamente a concentração do carbono na madeira, Yeboá *et al.* (2014) relatam essa tendência, observando variações significativas na concentração do carbono em diferentes posições ao longo do fuste, ligado a densidade da madeira.

Estas características corroboram para o plantio das espécies do presente estudo, sendo uma opção para recuperação de áreas degradadas, e para o aproveitamento florestal em áreas de baixa aptidão agrícola. Todavia, ainda são poucas as informações técnico-científicas sobre a relação carbono e densidade básica da madeira das espécies arbóreas em diferentes espaçamentos de plantio e posições ao longo da altura do fuste. A consolidação dos resultados poderá incentivar o desenvolvimento de novos plantios e a recuperação de áreas degradadas e de baixa produtividade. Com a hipótese de que a área útil proporcionada pelos espaçamentos e as posições de amostragem na altura da árvore podem alterar as proporções de carbono e densidade da madeira.

1.1 Objetivos

1.1.1. Objetivos gerais

Avaliar o teor de carbono e a densidade básica da madeira em quatro posições da altura comercial do fuste em duas espécies leguminosas arbóreas (*Anadenanthera peregrina* var. *peregrina* e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) estabelecidas em cinco espaçamentos.

1.1.2. Objetivos específicos

- Avaliar o efeito do espaçamento de plantio sobre os teores de carbono da madeira e da densidade básica.
- Analisar a variação na densidade básica e no teor de carbono em função das posições longitudinais do fuste.
- Classificar a densidade básica da madeira nas duas espécies.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. var. *peregrina*

Anadenanthera peregrina é uma espécie nativa do Brasil, com ocorrência predominante em regiões de Cerrado, conhecida popularmente como angico-vermelho. Pertencente à família Fabaceae (Leguminosae), subfamília Mimosoideae, é uma espécie de crescimento lento, conseqüentemente de alta densidade da madeira, que apresenta elevado potencial para produtos madeireiros e não-madeireiros. Utilizado para elaboração de postes, mourões, vigas, batentes, tábuas (INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA, 2023). Apresenta até 35 m de altura e 100 cm de diâmetro (Carvalho; 2002).

A espécie tem capacidade de regeneração natural por meio de polinização cruzada e ocorrência de protandria, favorecendo trocas genéticas entre plantios de angico e fragmentos florestais isolados (Feres *et al.*, 2021). *A. peregrina* ocorre indiferentemente em solos secos e úmidos, tolerante a solos rasos, compactados, mal drenados e até encharcados, de textura média a argilosa, uma vez que promove simbiose com bactérias fixadoras de N (Souza *et al.*, 2012, Souza *et al.*, 2020).

2.2. *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke)

Schizolobium parahyba, pertencente à família Fabaceae, é conhecida vulgarmente como paricá, sendo uma espécie endêmica da Amazônia, de floresta primária e principalmente nas florestas secundárias de terra firme e várzea alta (Ducke, 1949; Cordeiro *et al.*, 2015; Gomes *et al.*, 2019; Baldoni *et al.*, 2020). É considerada uma espécie de grande porte, podendo alcançar 15 a 40 m de altura e 50-100 cm de diâmetro, além de se destacar pelo seu rápido crescimento (Cordeiro; Schwartz; Barros, 2020).

Devido a recomendação da espécie para a formação de plantios comerciais, tem se observado um aumento na demanda de mudas uniformes e de qualidade fitossanitárias (Shimizu; 2011). Caracterizada por apresentar caule ereto e galhos presentes acima dos sete metros, com copa pouco densa e ramificada (Tourne, 2016; Souza *et al.*, 2003a), tais características propiciam a utilização de sua madeira como matéria-prima para caixotaria, aeromodelismo e obras civis internas como forros e tabuados, além de chapas de compensados (Souza *et al.*, 2003b) e a elaboração de painéis compensados de alta qualidade (Silva *et al.*, 2020).

2.3. O efeito do espaçamento sob o teor de carbono e densidade básica

Dentre os fatores ambientais que interferem no desenvolvimento das plantas, o espaçamento inicial de plantio afeta a quantidade e qualidade final de madeira produzida, em razão de sua influência na arquitetura de copa das plantas (Almeida, 2003). Além disso, o espaçamento modifica as propriedades tecnológicas da madeira, que incluem tamanho dos nós, conicidade e densidade básica (Scolforo, 1997).

Estudo realizado por Goes *et al.* (2017), observaram há correlação entre o espaçamento de plantio e a densidade básica. Conforme os autores, plantios em amplos espaçamentos, a densidade foi proporcionalmente maior, sendo um dos fatores determinantes da qualidade da madeira. Nagar *et al.* (2015) observaram que no espaçamento 3 m × 1 m em *Eucalyptus camaldulensis*, situado em Tamil Nadu, Índia, durante o período de 2006 a 2013, havia maior quantidade de biomassa no fuste, por consequência, maior estoque de carbono nos plantios adensados, corroborando com o efeito do espaçamento de plantio utilizado. Em adição, Zaro *et al.* (2020) obtiveram

resultados parecidos em sistemas agroflorestais com amplos espaçamentos entre árvores, aos quais resultaram em maiores taxas de fixação de carbono e diâmetros.

Estudos com a finalidade de avaliar povoamentos florestais em diferentes espaçamentos de plantio tornam-se imprescindíveis para implantação de práticas que propiciam o aumento da produtividade e agregação de valor a árvores individuais (Corrêa *et al.*, 2020).

2.4. Classificação de teor de carbono e densidade básica

A densidade básica da madeira de espécies arbóreas pode ser classificada em densidade baixa, aquelas que apresentam valores abaixo de 550 kg m^{-3} , densidade média, com valores entre 550 kg m^{-3} e 720 kg m^{-3} e alta densidade com valores superiores a 720 kg m^{-3} (Melo; Coradin; Mendes, 1990; Vale; Brasil; Leão, 2002; Silveira; Rezende; Vale, 2013).

O Serviço Florestal Brasileiro (2019), em estudos que analisaram propriedades físicas e mecânicas da madeira do *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, identificaram valor médio densidade básica de 490 kg m^{-3} . Souza (2018) em estudos com *Anadenanthera peregrina* var. *peregrina* obteve valores médios de densidade básica 570 kg m^{-3} desenvolvido nos mesmos espaçamentos do presente estudo, similar ao resultado obtido em espécies arbóreas do cerrado com valores médios de 650 kg m^{-3} (Silva; Vale; Miguel, 2015).

De acordo com o terceiro inventário do IPCC, a concentração de carbono na biomassa florestal, tanto para as regiões tropicais como subtropicais, bem como para as florestas temperadas e boreais, foi revisada para 47 % (Eggleston *et al.*, 2006), corroborando com as observações feitas por Dallagnol *et al.* (2023), em que os teores de carbono em espécies florestais e seus compartimentos (casca, folhas, galhos, madeira e raiz) raramente ultrapassam 50 %, apresentando variação entre 39 e 50 %. Os teores médios de carbono em povoamentos de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* para os diferentes compartimentos variam entre 43,2 e 44,4 % (Delarmelina *et al.*, 2023). Em contrapartida, Weber *et al.* (2003) observaram teores de carbono similares em povoamentos de *Araucaria augustifolia* (Bert.) Ktze, em diferentes idades, variando entre 40,1 e 42,9 % em seus compartimentos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da área de estudo

O trabalho foi desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes), campus de Alegre, localizado em Rive, distrito de Alegre, Espírito Santo. O experimento foi estabelecido em uma área com histórico de uso para pastagem composta por *Urochloa* sp. controlada exclusivamente pelo pastoreio do gado, sem aplicações de fertilizantes. O clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, marcado pela ocorrência de verão chuvoso e inverno seco. A temperatura média do ar é de 23,5 °C e precipitação média anual de 1.294 mm (Alvares *et al.*, 2013). A altitude da área varia de 133 a 205 m. O solo apresenta boa fertilidade natural, com textura predominantemente argilosa, especialmente na camada de 0 a 20 cm de profundidade. No preparo da área para implantação do povoamento, o gado foi retirado e em seguida realizado o dessecamento da *Urochloa* sp. com a aplicação de glifosato. Posteriormente, foi feita a marcação das faixas e a abertura das covas de plantio com dimensões de 0,30 m × 0,30 m × 0,30 m.

As mudas seminais foram provenientes da Reserva Natural Vale, Linhares, ES, em parceria com o Governo do Espírito Santo e com o Ifes/Alegre, em consonância com o projeto “Floresta Piloto”. Por ocasião do plantio das mudas das duas espécies arbóreas, em junho de 2011, foram adicionadas nas covas 220 g de fertilizante granulado N-P-K na formulação 02-30-06, contendo micronutrientes nas proporções individuais de 0,2 % de boro, cobre e zinco.

3.2. Delineamento experimental e coleta de dados

O experimento seguiu o delineamento de blocos ao acaso, constituído por três blocos. Os tratamentos, por espécie, foram constituídos por cinco diferentes espaçamentos de plantio (3 × 2 m, 3 × 3 m, 4 × 3 m, 4 × 4 m e 5 × 5 m) e as posições da altura do fuste. Cada bloco é composto por 15 unidades amostrais, nas dimensões de 30 m × 50 m (1.500 m²), totalizando 30 unidades experimentais e uma área de 2,25 ha.

A caracterização dendrométrica dos povoamentos deu-se por meio do inventário florestal aos 56 meses de idade, com a medição do DAP e altura comercial (base até a primeira bifurcação), de todas as árvores (Figura 1). Baseado no inventário florestal,

selecionou-se indivíduos para serem abatidos, considerando a média aritmética do DAP, \pm desvio padrão (Valerio *et al.*, 2016). Em cada espaçamento e para cada espécie, abateram-se nove indivíduos, totalizando 90 árvores. Das árvores selecionadas, foram retirados discos de madeira com 5 cm de espessura nas respectivas posições: base, DAP, 50 e 100 % da altura comercial.

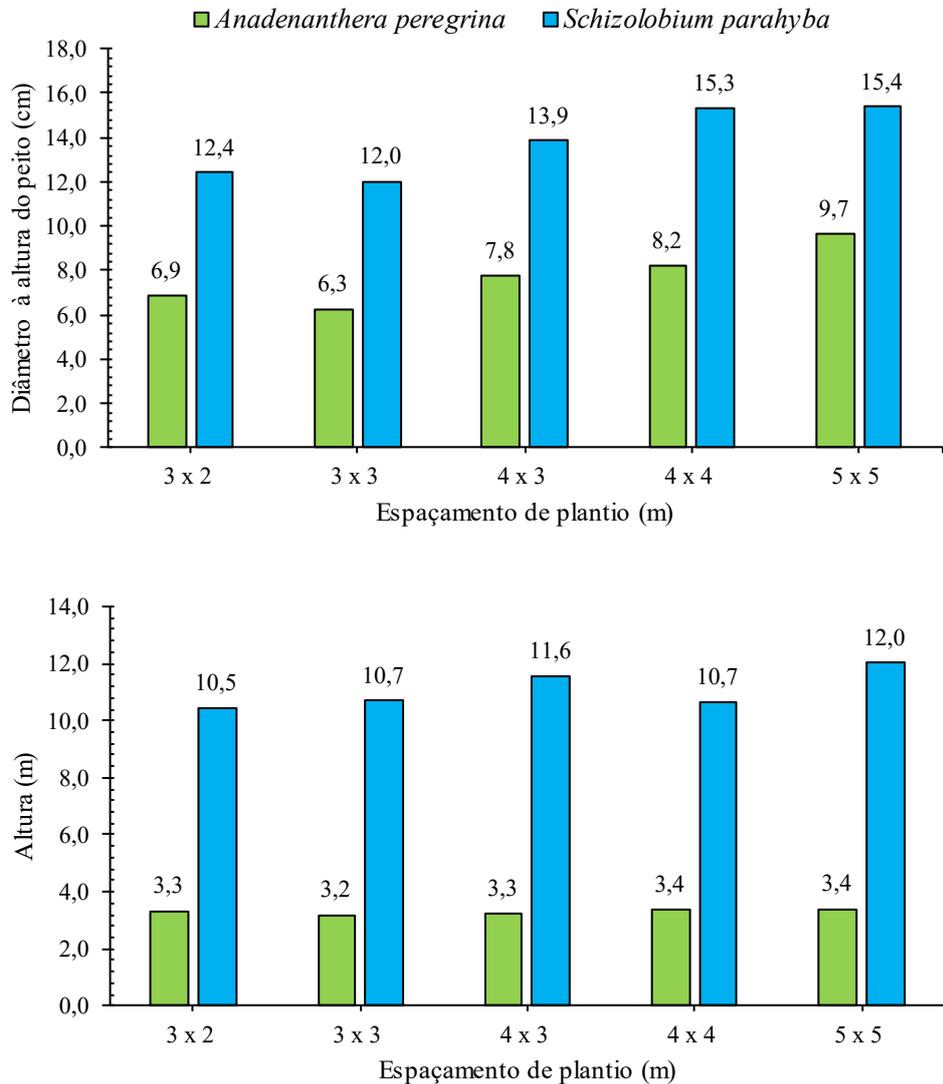


Figura 1 - Médias do diâmetro à altura do peito e altura comercial das espécies de *Anadenanthera peregrina* e *Schizolobium parahyba*, aos 56 meses de idade, em cada espaçamento de plantio.

Fonte: O autor.

Todas as cunhas opostas foram trituradas em moinho do tipo Willey, peneiradas em malhas de 20 mesh e armazenadas em frascos de polietileno devidamente lacrados e

identificados. O material amostrado foi conduzido para o Centro de Excelência em Pesquisas sobre Fixação de Carbono na Biomassa (BIOFIX)/Departamento de Ciências Florestais/Universidade Federal do Paraná para determinação dos teores de carbono orgânico total. O teor de carbono foi determinado por meio do equipamento LECO, modelo C-144, que quantifica o carbono elementar, dióxido de carbono, liberado pela amostra durante sua combustão.

A densidade básica da madeira foi realizada conforme descrito na Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 11941, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2003). Foram obtidas duas cunhas opostas, obtidas de discos com 5 cm de espessura, retirados em cada uma das posições do fuste. As cunhas foram imersas em água até atingirem a saturação, pesadas em balança de precisão, e posteriormente secas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 103 ± 2 °C, até atingirem peso constante, para obtenção de sua massa seca.

3.3. Análise estatística dos dados

Os dados foram analisados o delineamento experimental fatorial em blocos, composto por 15 parcelas em cada um dos três blocos, totalizando 45 unidades amostrais, analisando os fatores de espaçamentos de plantio e posições axiais do fuste.

Foi realizada em delineamento experimental fatorial em blocos a análise de variância dos dados (teste F) e quando significativa, aplicou-se o teste de Tukey para comparação das médias das propriedades por tratamentos. Todos os testes foram realizados ao nível de 5 % de significância. A comparação das médias entre espécies em cada posição do fuste foi analisada por meio do teste T de Student. Todas as análises foram realizadas a partir do software Spss Statistics.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Teores de carbono e densidade básica da madeira em função do espaçamento de plantio e posições ao longo do fuste

A densidade básica da madeira de *A. peregrina* e *S. parahyba* não apresentou diferença estatística em relação aos espaçamentos (Figura 2 A; Figura 2 B). Isso indica que o povoamento não atingiu a máxima competição pelos fatores de crescimento, até os 56 meses de idade. A densidade básica da madeira da *A. peregrina* corrobora com os resultados apresentados por Trianoski *et al.* (2013), com valor médio de 485 kg m⁻³, em espécies de pinus tropicais, com idades entre 17 e 18 anos, localizados nas regiões de Itararé, estado de São Paulo, e Ventania, estado do Paraná. O mesmo pode ser visto para com o *S. parahyba*, no estudo de Silva *et al.* (2016), em três municípios no estado do Pará, em povoamentos de *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* com densidade básica de 330 kg m⁻³.

Em relação à *A. peregrina* e *S. parahyba*, observou-se que o teor de carbono orgânico na madeira não apresentou diferença estatística em resposta ao espaçamento de plantio (Figura 2 C; Figura 2 D). O fato de que as árvores de ambos os povoamentos ainda não estarem em máxima competição pelos recursos de crescimento pode ser a explicação à inexistência de diferenças nos teores de carbono para os distintos espaçamentos. A quantidade de carbono fixado em um ecossistema depende do tipo de espécies, estrutura e distribuição etária (Martins, 2004). Portanto, o teor de carbono na madeira de *A. peregrina* e *S. parahyba* pode ser em função de diversos fatores, além do espaçamento de plantio.

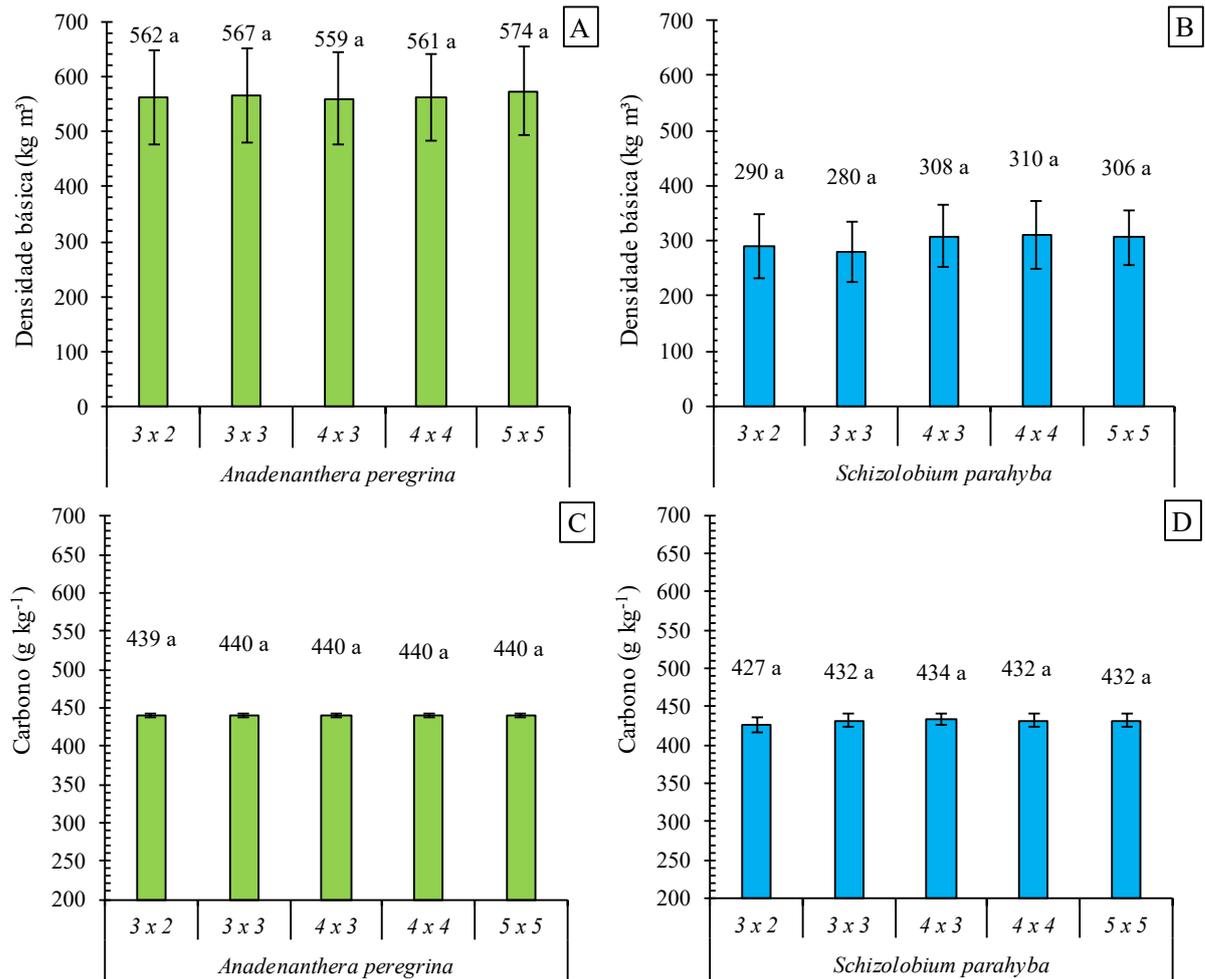


Figura 2 - Densidade básica e teor de carbono nas espécies *Anadenanthera peregrina* (A e C) e *Schizolobium parahyba* (B e D), implantadas sob diferentes espaçamentos.

* Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre as posições ao longo do fuste. Médias \pm desvio padrão da média

Fonte: O autor.

A densidade básica da madeira de *A. peregrina* variou ao longo do fuste, registrando maior e menor densidade na base e do topo, respectivamente (Figura 3 A). *S. parahyba* teve o mesmo efeito sobre a densidade básica, com um incremento da densidade na base do fuste e estatisticamente diferente das demais posições (Figura 3 A). Tal comportamento pode ser atribuído ao acúmulo de massa da base para o topo durante o crescimento da árvore. Durante o crescimento da árvore, ocorre o acúmulo de massa da base para o topo. Esse processo resulta em uma base com tecidos mais densos, em contraste com o topo, onde predominam células mais recém-formadas (Kramer; Kozlowski, 1979). O comportamento seguiu os mesmos modelos de Panshin e De Zeew

(1970), apresentam os principais modelos de variação longitudinal da densidade da madeira ao longo do fuste, tais como:

- a) Decrescente uniformemente com a altura;
- b) Decrescente até o meio do tronco e crescente deste ponto até o topo, e
- c) Crescente da base para o topo, não apresenta padrão uniforme de variação.

Ao longo das posições do fuste, o teor de carbono não apresentou variabilidade em ambas as espécies (Figura 3 B). Os teores de carbono para ambas as espécies são similares aos relatados por Corte *et al.* (2020), em povoamentos de *Acacia mearnsii*, cultivadas no estado do Rio Grande do Sul, com idade variando entre 1 e 10,75 anos, encontraram os teores de carbono médio de 444,5 g kg⁻¹ no fuste. O mesmo pode ser visto por Barros (2009), em espécies com potencial energético, cultivadas em Araripina, no estado de Pernambuco, com valor médio de 432,1 g kg⁻¹ na base do fuste. Assim como nos estudos de Amaro (2010), em uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa, no estado de Minas Gerais, com teor de carbono de 476,5 g kg⁻¹ na madeira. Neste cenário, as semelhanças corroboram para a introdução de plantios comerciais das espécies abordadas neste estudo, *A. peregrina* e *S. parahyba*. Contudo, estudos de qualidade da madeira devem ser realizados em idades mais avançadas para confirmar ou descartar essa hipótese.

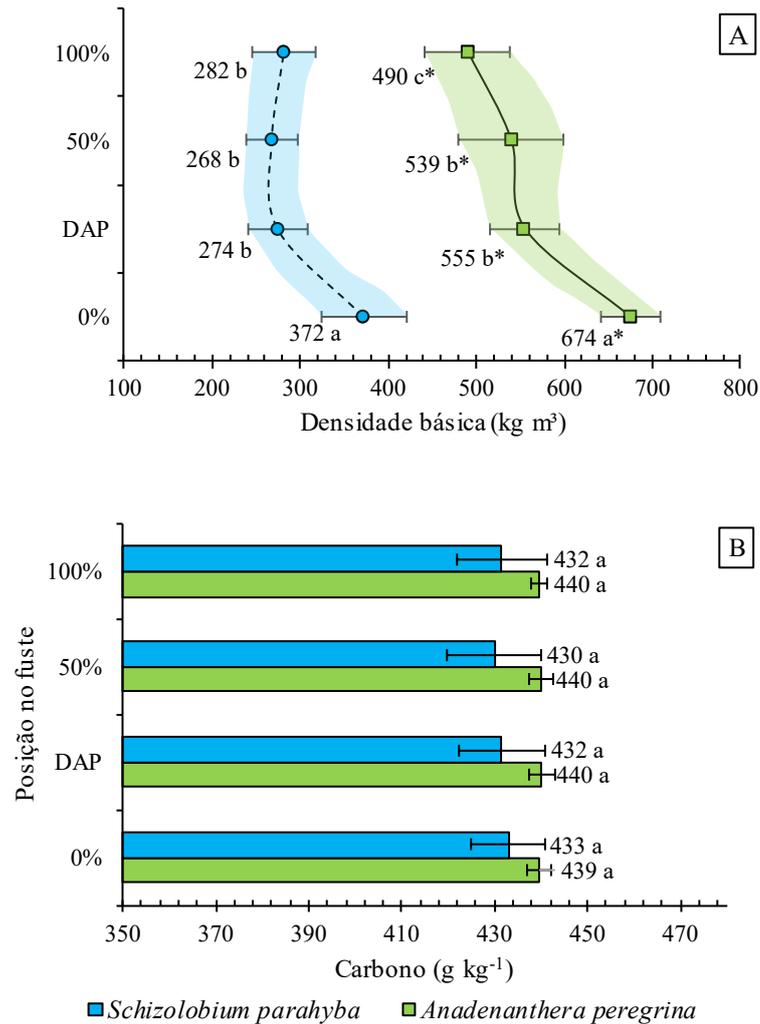


Figura 3 - Densidade básica (A) e teor de carbono (B) nas espécies *Anadenanthera peregrina* e *Schizolobium parahyba* ao longo do fuste.

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre as posições ao longo do fuste. Médias seguidas por () diferem entre espécie nas posições ao longo do fuste, pelo teste Tukey a 5 %. Médias \pm desvio padrão da média.

Fonte: O autor.

Não houve interação entre os fatores espaçamento de plantio e posições do fuste para o teor de carbono e a densidade básica da madeira de *Anadenanthera peregrina* var. *peregrina* e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. O comportamento sugere que um fator é independente do outro.

4.2. Densidade básica e teor de carbono dos povoamentos de *Anadenanthera peregrina* var. *peregrina* e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

Houve diferença estatística na densidade básica da madeira entre *A. peregrina* e *S. parahyba*, 564 kg m⁻³ e 299 kg m⁻³ o aumento da densidade básica sendo cerca de 88,6 %, respectivamente (Figura 4 A). Tal tendência pode estar atrelada as características de adaptação da *A. peregrina*, a solos secos e úmidos, tolerante a solos rasos, compactados, mal drenados e até encharcados (Souza *et al.*, 2012, Souza *et al.*, 2020). Conforme a classificação utilizada por Melo *et al.* (1990); Vale *et al.* (2002) e Silveira *et al.* (2013), a espécie *S. parahyba* pode ser caracterizada como de baixa densidade (< 550 kg m⁻³) e o *A. peregrina* de média densidade (entre 550 kg m⁻³ e 720 kg m⁻³).

A densidade básica para *A. peregrina* neste estudo foi 21,6 % inferior a relatada por Silva *et al.* (2015), que em uma área de restauração, com 21 anos de idade, encontraram uma densidade de 720 kg m⁻³. O mesmo pode ser visto por Silva (2020), para *A. peregrina* com uma densidade de 697 kg m⁻³, estudo desenvolvido com a madeira de 21 espécies da Mata Atlântica. Tal tendência corrobora com a hipótese de que o povoamento não está em plena concorrência, além de que a idade do povoamento pode ser um dos fatores que influencia o crescimento e a densidade básica da madeira. Contudo, estudos de qualidade da madeira devem ser realizados em idades mais avançadas para confirmar ou descartar essa hipótese.

Os teores de carbono orgânico da madeira de *A. peregrinam* e *S. parahyba* não apresentaram diferença estatística, por meio do T de Student, com médias de 440 g kg⁻¹ e 431g kg⁻¹, respectivamente (Figura 4 B). De modo geral, os teores de carbono encontrados para *A. peregrinam* e *S. parahyba* no presente estudo estão 6,4 e 8,3 % abaixo dos recomendados pelo IPCC (Eggleston *et al.*, 2006).

Em uma área de restauração em Itutinga, MG, Silva *et al.* (2015) observaram valores médios de teor de carbono de 466 g kg⁻¹ para com *A. peregrina*, semelhantes ao presente estudo. O mesmo pode ser visto nos estudos de Silva (2020) para com *A. peregrina* e Robortella (2010) com espécies arbóreas, valores médios de teor de carbono 469 g kg⁻¹ e 472,4 g kg⁻¹.

Os teores de carbono nas espécies analisadas corroboram aos descritos na literatura. Behling *et al.* (2014), estudando três espécies comerciais (*Acacia mearnsii*, *Mimosa scabrella* e *Eucalyptus grandis*), plantadas no município de Frederico Westphalen, RS, encontraram teores de $490,6 \text{ g kg}^{-1}$, $476,2 \text{ g kg}^{-1}$ e $465,8 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. Neste cenário, as semelhanças corroboram para a introdução de plantios comerciais das espécies abordadas neste estudo, *A. peregrina* e *S. parahyba*. Contudo, estudos de qualidade da madeira devem ser realizados em idades mais avançadas para confirmar ou descartar essa hipótese.

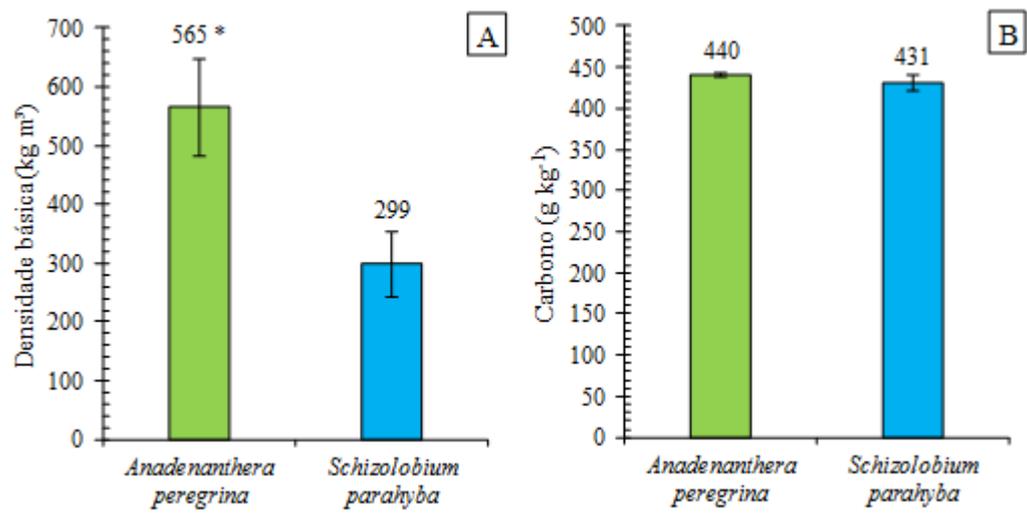


Figura 4 - Densidade básica (A) e teor de carbono (B) nas espécies *Anadenanthera peregrina* e *Schizolobium parahyba*, aos 56 meses de idade.

* Médias com (*) diferem entre espécie, pelo teste T de Student. Médias \pm desvio padrão da média.

Fonte: O autor.

5. CONCLUSÃO

O espaçamento de plantio não influenciou a densidade básica da madeira *A. peregrina* e *S. parahyba*.

A densidade básica da madeira de ambas as espécies diminuiu consideravelmente ao longo do fuste, com acréscimo no topo com a *S. parahyba*, considerando uma variação de até 10 % na densidade básica, o DAP é representativo para estimativa média.

O espaçamento de plantio não influenciou o teor de carbono nas duas espécies.

A densidade básica da madeira de *A. peregrina* são classificadas de média densidade e do *S. parahyba* de baixa densidade.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. L. **Desrama artificial em clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* com diferentes arquiteturas de copa**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

ALVARENGA, A. P. et al. **Sequestro de carbono: quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Minas Gerais: Epamig; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

ALVARES, C. A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013.

AMARO, A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **SciELO**, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bn/a/KYYJfS57Yyz7wMw8gHzB98G/?lang=pt>. Acesso em: 6 jun. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2003) NBR 11941: **Madeira-determinação da densidade básica**. ABNT. Rio de Janeiro 6 (Brazilian Association of Technical Standards-ABNT NBR 11941 (2003) Wood—determination of basic density. Rio de Janeiro. 6p).

AMATEIS, R. L.; BURKHART, H. E. Rotation-Age Results from a Loblolly Pine Spacing Trial. **Southern Journal of Applied Forestry**, v. 36, n. 1, p. 11-18, 2012. DOI: 10.5849/sjaf.10-038.

AUTY, D. et al. Models for predicting wood density variation in Scots pine. **Forestry: An International Journal of Forest Research**, v. 87, n. 3, p. 449-458, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpu005>

BABST, F. et al. Toward consistent measurements of carbon accumulation: A multi-site assessment of biomass and basal area increment across Europe. **Dendrochronologia**, v. 32, n. 2, p. 153-161, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2014.01.002>.

BALDONI, A. B. et al. Early selection strategies in *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (huber ex ducke) barneby. **Industrial crops and products**, v. 152, p. 112538, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050984793>.

BANZATTO, A. D.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 2.ed. Jaboticabal: FUNESP,1992 p 247.

BARROS, B. C. **Volumetria, calorimetria e fixação de carbono em florestas plantadas com espécies exóticas e nativas usadas como fonte energética no Polo Gesseiro do Araripe-PE**. 2009. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) -

Programa de Pós-Graduação e, Ciências Florestais, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

BEHLING, A. et al. Teores de carbono orgânico de três espécies arbóreas em diferentes espaçamentos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 34, n. 77, p. 13–19, 2014. DOI: 10.4336/2014.pfb.34.77.562. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/562>. Acesso em: 29 maio. 2024.

CAMPIOLI, M. et al. Temporal variability of the NPP-GPP ratio at seasonal and interannual time scales in a temperate beech forest. **Biogeosciences**, v. 8, n. 9, p. 2481-2492, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5194/bg-8-2481-2011>

CARNEIRO, M. F. **Qualidade da madeira de clones de eucalipto utilizados na produção de celulose**. 2017. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Jerônimo Monteiro, 2017.

CARVALHO, P. E. R. **Angico-Branco**. Colombo: Embrapa, 2002. (Circular Técnica, 56). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/306306/1/CT0056.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2023.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 527-538, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06831998000300019>.

CHAVES, J. et al. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**, Heidelberg, v. 145, n. 1, p. 87-99, 2005. DOI: 10.1007/s00442-005-0100-x.

CORDEIRO, I. M. C. C. et al. **Avaliação de plantios de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) de diferentes idades e sistemas de cultivo no município de Aurora do Pará**. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 679-687, jul. /set.2015. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509819618>.

CORDEIRO, I. M.; SCHWARTZ, G.; BARROS, P. L. Efeitos do clima sobre o incremento diamétrico de Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*-Fabaceae) em plantios comerciais, **Nativa**, Sinop, v. 8, n. 2, p. 246-252, mar./abr. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v8i2.9009>.

CORRÊA, R. S. et al. Espaçamentos de plantio promovem produção distinta em híbrido de eucalipto. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 7, n. 3, p. 1073-1079, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.34062/afs.v7i3.7887>.

CORTE, A. P. D. et al. CARBONO NOS COMPONENTES DA BIOMASSA DE *Acacia mearnsii* De Wild. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 1.

DALLAGNOL, F. S. et al. Teores de carbono de cinco espécies florestais e seus compartimentos. **Floresta e Ambiente**, v. 18, p. 410-416, 2023. DOI: <https://doi.org/10.4322/floram.2011.060>.

DELARMELENA, W. M. et al. Biomassa e carbono em plantios de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* sob diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, v. 33, p. e65542, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509865542>.

DIAS, A. C. C. et al. Relação entre a densidade básica e as retrações em madeira de teca. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 9, n. 1, 2018. DOI: <https://doi.org/10.12953/2177-6830/rcm.v9n1p37-44>.

DUCKE, A. **As leguminosas da Amazônia brasileira: notas sobre a flora neotrópica** - II. Belém: Instituto Agrônômico do Norte, 1949. 248 p. (Boletim Técnico, 18).

EGGLESTON, H. S. et al. (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 – Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 4: **Forest Land**. Retrieved from <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>.

FERES, J. M. et al. Depicting the mating system and patterns of contemporary pollen flow in trees of the genus *Anadenanthera* (Fabaceae). **PeerJ**, v. 9, p. e10579, 2021.

GOES, L. et al. VARIAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DE ÁRVORES DE *Tectona grandis* CULTIVADA SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS. In: ANAIS CONGRESSO BRASILEIRO DE Ciências E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 2017, **Anais eletrônicos...** Campinas, Galoá, 2017. Disponível em: <<https://proceedings.science/cbctem/trabalhos/variacao-da-densidade-basica-de-arvores-de-tectona-grandis-cultivada-sob-diferen?lang=pt-br>> Acesso em: 11 Abr. 2024.

GOMES, J. M. et al. *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby pode ser utilizada em enriquecimento de clareiras de exploração florestal na Amazônia. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 417-424, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050984793>.

GUERRA, S. P. S. et al. Heating value of eucalypt wood grown on SRC for energy production. **Fuel**, v. 137, n. 01, p. 360–363. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.07.103>. Acesso em: 15 jun. 2020.

HARRINGTON, T. B.; HARRINGTON, C. A.; DEBELL, D. S. Effects of planting spacing and site quality on 25-year growth and mortality relationships of Douglas-fir

(*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*). **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 1, p. 18-25, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.03.039>.

HÉRBET, F. et al. Effect of tree spacing on tree level volume growth, morphology, and wood properties in a 25-year-old *Pinus banksiana* plantation in the Boreal Forest of Quebec. **Forests**, v. 7, n. 01, p. 276. 2016. Disponível em: 10.3390/f7110276. Acesso em: 14 jun. 2020.

HU, H. et al. The stage-classified matrix models project a significant increase in biomass carbon stocks in China's forests between 2005 and 2050. **Scientific Reports**, v. 5, n. 1, p. 11203, 2015. DOI: 10.1038/srep11203.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Angico-Vermelho**. Disponível em: <https://madeiras.ipt.br/angico-vermelho/>. Acesso em: 4 jul. 2024.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of Woody Plants**. New York: Academic Press, 1979.

MARTINS, O. S. **Determinação do potencial de seqüestro de carbono na recuperação de matas ciliares na região de São Carlos-SP**. 136 p. 2004. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/1871>.

MELO, J. E.; CORADIN, V. T. R.; MENDES, J. C. Classes de densidade para madeiras da Amazônia brasileira. In: **Anais do Congresso Florestal Brasileiro**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. p. 695-699.

NAGAR, B. et al. Impact of initial spacing on growth and yield of *Eucalyptus camaldulensis* in arid region of India. **World Applied Sciences Journal**, v. 33, n. 8, p. 1362-1368, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2015.33.08.247>.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEW, C. **Textbook of wood technology**. New York: McGrawHill, 1970. 105 p.

PETRI, C. A.; MACIEL, D. A.; JUNIOR, R. F. Dinâmica da Cobertura Florestal na Serra da Mantiqueira entre 1999 e 2017. **Geografia (Londrina)**, v. 29, n. 1, p. 157-174, 2020. DOI: 10.5433/2447-1747.2020v29n1p157.

REZENDE, J. H.; CONSTANTINO, G. Áreas potenciais para sistemas florestais multifuncionais. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 2, p. 217-228, 2022. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.002.0020>.

RIOS, P. A. et al. Variação radial e longitudinal da densidade básica da madeira de *Pinus patula*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 38, 2018. DOI: 10.4336/2018.pfb.38e201501016. Disponível em:

<https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/1016>. Acesso em: 20 maio. 2024.

ROBORTELLA, H. S. **Equações de biomassa e estoques de carbono de seis espécies em plantios mistos no noroeste do Mato Grosso**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2010. Disponível em: https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/5103/1/Henrique_Robortella.pdf. Acesso em: 6 jun. 2024.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 433 p.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). **Sistema Nacional de Informações Florestais-SNIF**. Brasília, 2019. Disponível em: <<http://snif.florestal.gov.br/pt-br/>>. Acesso em: 11 abr. 2024.

SHIMIZU, E. S. C. et al. Aspectos fisiológicos da germinação e da qualidade de plântulas de *Schizolobium amazonicum* em resposta à escarificação das sementes em lixa e água quente. **Revista Árvore**, v. 35, p. 791-800, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000500004>.

SILVA, C. B. R. et al. Propriedades da madeira juvenil de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (paricá) sob diferentes sistemas de cultivo. **Agroforest Syst** 94 , 583–595 (2020). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00422-3>

SILVA, C. J.; VALE, A. T.; MIGUEL, E. P. Densidade básica da madeira de espécies arbóreas de Cerradão no estado de Tocantins. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 82, p. 63-75, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4336/2015.pfb.35.82.822>.

SILVA, H. F. et al. Estimativa do estoque de carbono por métodos indiretos em área de restauração florestal em Minas Gerais. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 108, p. 943-953, 2015. DOI: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v43n108.18](https://doi.org/10.18671/scifor.v43n108.18).

SILVA, L. D. C. **Mudança em volume, biomassa e carbono do fuste em uma Floresta Estacional Semidecidual da Mata Atlântica, ES**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES.

SILVA, M. G. et al. Estudo anatômico e físico da madeira de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* proveniente de povoamentos nativos da Amazônia Oriental. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 110, p. 293-301, 2016. DOI: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n110.02](https://doi.org/10.18671/scifor.v44n110.02).

SILVEIRA, L. H. C.; REZENDE, A. V.; VALE, A. T. Teor de umidade e densidade básica da madeira de nove espécies comerciais amazônicas. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 43, n. 2, p.179 – 184, 2013. DOI: [10.1590/S0044-5967201300020000](https://doi.org/10.1590/S0044-5967201300020000).

SOUTH, D. B. What Is The “Correct” Planting Density For Loblolly Pine? . . . Depends On Who You Ask. **Alabama NRCS Tech News**, Spring 2006: 1-6.

SOUZA, C. R. et al. Desempenho de espécies florestais potenciais para plantios na Amazônia Central. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. Anais. São Paulo: SBS: SBEF, 2003a. 1 CD-ROM.

SOUZA, C. R. et al. **Paricá: *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby**. Embrapa Amazônia Ocidental. Circular Técnica nº 18. Manaus-AM. 2003b.

SOUZA, P. B. et al. Floristic and diversity of tree species and shrub under a stand of *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. **Cerne**, v. 18, n. 3, p. 413-421, 2012.

SOUZA, C. O. et al. Pyrolysis of *Anadenanthera peregrina* wood grown in different spacings from a forest plantation in Brazil aiming at the energy production. **Environment, Development and Sustainability**, v. 22, p. 5153-5168, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00418-0>.

SOUZA, P. H. **Biomassa e estoque de carbono em povoamento de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg sob diferentes espaçamentos**. 2018. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2018.

TAYLOR, E. L.; BLAZIER, M.; HOLLEY, G. A. New Pine Planting Strategies for the Western Gulf States. In: **USDA FOREST SERVICE PROCEEDINGS**, RMRS-P-50, 2007, p. 107-111. Disponível em: <https://academic.oup.com/forestscience/article/64/1/28/4801136>.

TOURNE, D. C. et al. Potential topoclimatic zones as support for forest plantation in the Amazon: Advances and challenges to growing Paricá (*Schizolobium amazonicum*). **Environmental Development**, v. 18, p. 26-35, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.11.002>.

TRIANOSKI, R. et al. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de espécies de pinus tropicais. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 503-510, 2013.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Ciência Florestal**, v. 12, p. 71-80, 2002. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050981702>.

VALÉRIO, A. F. et al. Estimativa da biomassa e estoque de carbono em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. na região sul do Brasil. **Revista Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 27, n. 1, p. 39-54, 2016.

VENZKE, T. S. L. Estudo das matas ciliares da bacia hidrográfica do Pelotas, Pelotas, RS, Brasil. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 22, p. 29, 2018. DOI: 10.5902/2236499431007.

VIDAURRE, G. B. et al. Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil. **Vitória: EdUfes**, v. 221, 2020.

WEBER, K. S. et al. **Variação nos teores de carbono orgânico em povoamentos de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze.** Brasil Florestal, [S.l.], n. 76, p. 23-28, 2003.

YEBOAH, D. et al. Variação na densidade da madeira e no conteúdo de carbono de espécies de árvores de plantações tropicais de Gana. **New Forests** 45 , 35–52 (2014). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-013-9390-8>.

YU, C. et al. Pesquisa sobre projeto paisagístico de plantas de jardim com base no conceito de baixo carbono – tomando como exemplo áreas verdes típicas em áreas urbanas da cidade de Jinan. **Shandong Para. Ciência. Technol** , v. 10-15, 2016.

ZARO, G. C. et al. Carbon sequestration in an agroforestry system of coffee with rubber trees compared to open-grown coffee in southern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 94, p. 799-809, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00450-z>.

ZOBEL, B. J.; VAN BUIJTENEN, J. P. **Wood Variation: Its Causes and Control.** Berlim: Springer-Verlag, 1989.