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

LUCAS DAMBRÓZ BECCALLI

AVALIAÇÃO SILVICULTURAL DE DUAS ESPÉCIES LEGUMINOSAS EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

JERÔNIMO MONTEIRO ESPÍRITO SANTO 2021

LUCAS DAMBRÓZ BECCALLI

AVALIAÇÃO SILVICULTURAL DE DUAS ESPÉCIES LEGUMINOSAS EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

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

Orientador: Marcos Vinicius Winckler Caldeira

Coorientador: Paulo André Trazzi

JERÔNIMO MONTEIRO ESPÍRITO SANTO 2021

LUCAS DAMBRÓZ BECCALLI

AVALIAÇÃO SILVICULTURAL DE DUAS ESPÉCIES LEGUMINOSAS EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

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

Aprovada em 12 de Maio de 2021

COMISSÃO EXAMINADORA

Marcos Vinicius W. Caldelfa Prot. D.Sc. DCFMCEA-UFES SIAPE 1651281

Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira

Universidade Federal do Espírito Santo

Orientador

Prof. Dr. Paulo André Trazzi

Universidade Federal do Acre

Coorientador

Dr. Ranieri Ribeiro Paula

Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick

Universidade Estadual do Centro-Oeste

RESUMO

A utilização de diferentes espaçamentos em plantios florestais permite avaliar parâmetros silviculturais, como por exemplo: o crescimento e produção de madeireira. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência de 5 diferentes espaçamentos, no desenvolvimento das espécies de Anadenanthera peregrina (L.) Speg. var. peregrina e Schizolobium parahyba var. amazonicum (Huber ex Ducke) Barneby. A pesquisa foi desenvolvida na área experimental do IFES Campus de Alegre, em Rive, Alegre/ES. O povoamento foi implantado em junho de 2011 e os espaçamentos utilizados foram os seguintes: 3x2 m², 3x3 m², 4x3 m², 4x4 m² e 5x5 m², distribuídos em três blocos. Os dados dendrométricos foram levantados quando os indivíduos atingiram 7 anos de idade, sendo coletados em inventários florestais. Os parâmetros coletados foram: número de árvores (sobrevivência), diâmetro a 1,30 m do solo (DAP), altura total (Ht) e altura comercial (Hc). Foi realizada a caracterização dendrométrica calculando o diâmetro médio, altura total média, área basal, volume individual, volume total e sobrevivência para cada espaçamento. Para estimar o volume de árvores individuais para as espécies analisadas foram ajustados dez modelos de relação hipsométrica e onze modelos para volume. Com as análises dos resultados, observou-se que conforme o espaçamento de plantio aumentou, houve um aumento médio no DAP e no número de indivíduos. Para a área basal, à medida que o espaçamento de plantio diminuiu, ocorreu um aumento. As equações hipsométricas ajustadas foram satisfatórias para estimar a altura total dos povoamentos das suas espécies. Não houve diferenças na produção volumétrica por hectare entre os espaçamentos avaliados. As espécies apresentaram crescimento satisfatório comparado à outros cultivos mostrando potencial silvicultural na região.

Palavras-chave: Plantios puros; Desenvolvimento silvicultural; Inventário florestal; Variáveis dendrométricas.

SUMÁRIO

R	ESUMO	iii
1	. INTRODUÇÃO	8
2	. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
	2.1 LEGUMINOSAS ARBÓREAS	9
	2.2 Anadenanthera peregrina (L.) Speg. var. peregrina	.10
	2.3 Schizolobium parahyba var. amazonicum (Huber ex Ducke) Barneby	.10
	2.4 ESPAÇAMENTO DE PLANTIO	.11
	2.5 EQUAÇÕES HIPSOMÉTRICAS E VOLUMÉTRICAS	.12
	2.6 CUBAGEM RIGOROSA	.13
3	. MATERIAL E MÉTODOS	.15
	3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	.15
	3.2 INVENTÁRIO FLORESTAL	.19
	3.3.1 RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA	.19
	3.3.2 METANÁLISE	.21
4	RESULTADOS	.22
	4.2 Levantamento dos Dados Através do Inventário	.22
	4.3 Análises Estatísticas	.23
	4.3.1 Relação Hipsométrica do Angico e Paricá	.23
	4.4 Crescimento	.26
5	DISCUSSÃO	.28
	5.1 INVENTÁRIO	.28
	5.1.1 Angico	.28
	5.1.2 Paricá	.29
	5.2. RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA	.30
	5.2.1 Angico	.30
	5.2.2 Paricá	.31
	5.3 CRESCIMENTO DE ANGICO VS PARICÁ	.31

6. CONCLUSÕES	34
7. REFERÊNCIAS	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 2 - Modelos de relação hipsométrica ajustados para o conjunto de dados20
Tabela 3 - Critérios e estimadores de avaliação dos modelos utilizados para a
estimativa da altura total21
Tabela 4. Variáveis dendrométricas do Angico aos 7 anos em diferentes
espaçamentos22
Tabela 5 – Variáveis dendrométricas do Paricá aos 7 anos em diferentes
espaçamentos23
Tabela 6 - Equações selecionadas e estatísticas para estimar a altura total em Angico
aos sete anos23
Tabela 7 - Equações selecionadas e estatísticas para estimar a altura total em Paricá
aos sete anos25
Tabela 8 - Equação ajustada para as duas espécies26
Tabela 9 - Espécie, nome vulgar, número de observações (n), idade média, área vital
e publicações utilizadas na extração dos dados da metanálise33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo e indicação dos blocos (Bloco 01, Bloco 02 e
Bloco 03) onde foi instalado o experimento de Angico16
Figura 2. Localização da área de estudo e indicação dos blocos (Bloco 01, Bloco 02 e
Bloco 03)17
Figura 3. Esquema representativo do delineamento utilizado no plantio de Angico e
Paricá, com distribuição das parcelas e em diferentes espaçamentos, em Rive, Alegre,
ES18
Figura 4. Distribuição dos resíduos para altura total para os modelos de relação
hipsométrica selecionados por espaçamento em Paricá aos sete anos24
Figura 5. Distribuição dos resíduos para altura total para os modelos de relação
hipsométrica selecionados por espaçamento em Paricá aos sete anos26
Figura 6 - Em A e B o Angico; Em C e D o Paricá27
Figura 7 - "Gráfico Floresta" de uma metanálise de espécies da família Fabaceae em
comparação com as médias dos resultados obtidos em Angico (linha central tracejada)
e Paricá (linha central sólida)34

1. INTRODUÇÃO

Antes de implantar uma floresta, uma das principais decisões a serem tomadas é a escolha do espaçamento inicial do plantio e da/s espécie(s) a serem utilizada(s) no plantio, devendo estar relacionado ao produto final, que neste caso, é a madeira. A influência do espaçamento no desenvolvimento de florestas exóticas e nativas, na produção de madeira, é um assunto que interessa pesquisadores e produtores florestais.

Do ponto de vista silvicultural, para as mesmas espécies e mesmo local, a escolha do espaçamento no plantio inicial afetará em diferentes aspectos, como por exemplo: no número de tratamentos de arborização a serem realizados, na taxa de crescimento, no rendimento de madeira, na taxa de mortalidade, no custo de produção e outros fatores.

Algumas variáveis como: diâmetro, comprimento e altura da copa estão diretamente relacionados com o crescimento e a produção de biomassa. Tais variáveis são modificadas pela concorrência entre as plantas, considerando-se que a luz solar e o vento são os principais fatores responsáveis por essas modificações, ou seja, quanto mais adensado o povoamento florestal, menor a quantidade de luz que atingirá as camadas subsequentes do dossel, ocasionando a morte dos galhos nestas posições (NUTTO, 2001).

Visando uma melhor compreensão no comportamento de espécies nativas em povoamentos florestais puros ou mistos, surgiu no estado do Espírito Santo o projeto "Floresta Piloto". Este projeto tem como objetivo avaliar o comportamento de espécies florestais com potencial para exploração econômica e para proteção e recuperação ambiental.

Várias unidades demonstrativas de florestas compuseram a estrutura do projeto "Floresta Piloto", e em uma dessas unidades, com fins de produção, foi realizado o plantio puro de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. var. *peregrina e Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho, foi avaliar o desenvolvimento das espécies citadas, após sete anos de crescimento em cinco espaçamentos diferentes.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 LEGUMINOSAS ARBÓREAS

O conhecimento científico sobre as florestas plantadas brasileiras iniciou-se pelas espécies exóticas, principalmente as dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, no entanto, pesquisas enfatizam as florestas nativas pela sua importância no contexto da produção de madeira e na conservação ambiental (Brasil, 2007). As espécies exóticas apresentam alta produtividade e competem com as espécies nativas, sendo necessário o desenvolvimento de uma silvicultura alternativa, que explore todo potencial das espécies nativas e que pondere a alta produção com a geração de um menor impacto ambiental.

As espécies leguminosas, possuem a capacidade de manter uma simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico conferindo a essas plantas quase que total autossuficiência neste elemento. Essas espécies são associadas a fungos micorrízicos, que propiciam um melhor aproveitamento dos nutrientes do solo principalmente o fósforo, conseguem se estabelecer em solos de diversas características e com baixo teor de matéria orgânica (FARIA et al., 2000).

Seja qual for a finalidade do plantio florestal, o primeiro passo é identificar quais as espécies mais promissoras para o objetivo pretendido (celulose, móveis, carvão, fármacos, etc.) (Hooper et al. 2002; Breugel et al. 2011) e o ambiente onde será implantado. Para atender à crescente demanda por espécies nativas, muitos plantios experimentais na região tropical foram estabelecidos com o objetivo de selecionar as espécies mais promissoras (Wishnie et al. 2007; Breugel et al. 2011; Hooper et al. 2002; Park et al. 2010).

Nestes plantios, frequentemente avaliam-se a capacidade de fixação biológica do nitrogênio das espécies deste grupo, que conferem a elas a possibilidade de melhorar a fertilidade do solo (Siddique et al. 2008), que é uma das maiores dificuldades em plantios de recuperação. Além disso, muitas espécies possuem madeira de qualidade (Angelo e Santos 2001), têm uso medicinal (Tilki e Fisher 1998), podem ser exploradas em sistemas agroflorestais e plantios puros (Nichols et al. 2001; Siddique et al. 2008).

2.2 Anadenanthera peregrina (L.) Speg. var. peregrina

Angico é uma espécie de porte arbóreo da família Fabaceae, sendo caracterizada como decídua e heliófita. É conhecida popularmente, entre outros nomes, como angico do morro, angico, angico vermelho e angico curtidor. O Angico pode atingir alturas de mais de 20m, é característica das florestas semideciduais, ocorrendo preferencialmente em formações primárias e secundárias sobre terrenos de meia encosta com solos pedregosos, arenosos ou argilosos, porém bem drenados, onde chega a formar populações quase puras (LORENZI, 2009).

Segundo Carvalho (2003), o Angico está entre as espécies do gênero com maior abrangência geográfica no Brasil e apresenta expressiva regeneração natural, ocorrendo indiferentemente em solos secos e úmidos; é tolerante a solos rasos, compactados, mal drenados e até encharcados, de textura média a argilosa.

Além da excelente capacidade de adaptação a diferentes ambientes, a espécie apresenta crescimento moderado a rápido, podendo atingir, quando em ótimas condições, produtividades de até 25,55 m3.ha-1.ano (CARVALHO, 2003), podendo ser cortado a partir de 5 anos, para mourões; 6 anos, para lenha (dimensões de 8 a 12 cm de diâmetro); 20 a 25 anos, para madeira (na região dos cerrados, a partir de 30 anos).

A madeira de *A. peregrina* possui o alburno e o cerne de coloração róseo-pálida, uniforme. A superfície é brilhante e de textura que vai de média a grosseira, apresentando cheiro indistinto, sabor levemente adstringente. Apresenta alta densidade (1,08 g/cm³) e durabilidade natural, servindo para construção civil, dormentes, estacas, mourões, postes e vigamentos (CARVALHO, 2015).

Na maioria dos casos o Angico não apresenta modelo definido de variação no sentido longitudinal da madeira. As variações foram notadas mais evidentemente no sentido radial, junto com o aumento da maioria das propriedades (TEIXEIRA et al.; 2013).

2.3 *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby

O Paricá é uma árvore caducifólia, de tamanho grande, com ocorrência natural na floresta primária de terra firme, várzea alta e em florestas secundárias e capoeiras.

Trata-se de uma espécie de rápido crescimento, com abundância de sementes, excelente desenvolvimento em plantios comerciais, facilidade na produção de mudas e produção de madeira de cor clara, homogênea e sem nó.

É uma espécie arbórea da família Fabaceae que pode alcançar até 40m de altura e 100 cm de diâmetro a 1,3 m do solo (DAP) (CORDEIRO et al., 2015). Ocorre na Amazônia brasileira, venezuelana, colombiana, peruana, boliviana e equatoriana e toda a América Central. No Brasil, a espécie é encontrada nos estados do Amazonas, Pará, Mato Grosso, Rondônia e Acre. A espécie possui rápido crescimento (30 m³.ha¹.ano¹¹) e bom desempenho em formações homogêneas e em consórcios (CORDEIRO et al., 2015; SILVA et al., 2011; VIEIRA et al., 2007), sendo assim, recomendada para fins comerciais, sistemas agroflorestais e reflorestamento de áreas degradadas.

Na região norte do Brasil, o Paricá possui grande importância para suprir a demanda de matéria-prima florestal e para recomposição de áreas degradas. Estimase que a área plantada de Paricá no Brasil seja de 87.901 ha, correspondendo a 1,2% da área de florestas plantadas (ABRAF, 2013).

As sementes de Paricá possuem germinação de 80% a 90%, quando são submetidas a processos mecânicos, físicos ou químicos (SHIMIZU et al., 2011). Embora eficiente, o processo de propagação necessita de tratamentos prégerminativos (ROSA, 2006), e é favorecido pelo aumento da temperatura e pelo aumento da quantidade de água equivalente no processo germinativo (RAMOS; VARELA; MELO, 2006).

2.4 ESPAÇAMENTO DE PLANTIO

O espaçamento de plantio é, provavelmente, uma das variáveis mais importantes para a qualidade e produtividade de matéria-prima a ser produzida. A escolha do espaçamento tem como principal objetivo proporcionar para cada árvore o espaço suficiente para se obter o crescimento máximo com melhor qualidade e menor custo (SANTANA et al., 2013).

Para Scolforo (1998) quando o povoamento é muito denso o espaço para o crescimento de cada árvore é reduzido, retardando o crescimento e desenvolvimento da planta, comprometendo assim o desenvolvimento radicial e da copa, afetando diretamente a qualidade e quantidade da produção. A decisão sobre o espaçamento

a ser adotado constitui a primeira prática silvicultural que poderá vir a influenciar nas propriedades da futura árvore.

Estudos realizados por Clutter *et al.* (1983) observaram a importância da densidade de um povoamento concluindo que, dentro de certos limites, uma maior quantidade de espaço disponível para cada árvore proporcionará um crescimento mais rápido da mesma. De acordo com Berger (2000), a tendência para espaçamentos maiores visa à produção de menor volume total de madeira, mas de melhor qualidade, baseada em diâmetros maiores. A densidade inicial do plantio é uma decisão da área de manejo com importantes consequências sobre a quantidade e qualidade do produto final. Neste aspecto, Arce (2002) comentou que a densidade inicial do povoamento é uma medida utilizada para avaliar quantitativamente o estoque de crescimento do povoamento.

Segundo Zobel *et al.* (1987) a densidade de plantio influencia para a mesma espécie e mesmo sítio, o número de tratos culturais a serem efetuados, a taxa de crescimento, o volume de madeira produzido, o sortimento de madeira, a taxa de mortalidade e dominância, a idade de estagnação do crescimento, as práticas de implantação, manejo e exploração e a qualidade da madeira.

Para escolha do espaçamento adequado, tem que se considerar a qualidade e o peso-volume de madeira que será produzido, sítio de plantio, crescimento, espécie, taxa de sobrevivência esperada, objetivos do produto, futuros tratamentos silviculturais e o tipo de equipamento a ser empregado na implantação e colheita do povoamento (CARDOSO et al., 2013; RONDON, 2002; SEREGHETTI et al., 2015).

2.5 EQUAÇÕES HIPSOMÉTRICAS E VOLUMÉTRICAS

A estimativa da altura e volume é amplamente difundida no meio florestal e, visto que a medição direta destas variáveis é onerosa e demanda muito tempo, seu emprego torna o inventário florestal mais prático e econômico (CARVALHO, 2010). Assim, em escala comercial, são realizados inventários por amostragem, nos quais partes da população são medidas e o resultado extrapolado para o restante da floresta por meio de equações ajustadas.

O uso de equações hipsométricas e volumétricas ajustadas nas estimativas de um povoamento florestal, gera dados muitas vezes tão precisos quanto se realizasse a medição direta de todas as árvores da parcela (OLIVEIRA et al., 2005; COUTO e BASTOS, 1987; MACHADO et al., 1994).

O volume é uma das informações mais importantes quando se deseja conhecer o potencial produtivo madeireiro de uma floresta. A altura é outra importante característica da árvore, obtida por medição ou estimação. Ela serve para computar o volume de árvores individuais e, em conexão com a idade, determinar a qualidade de um local para a produção de madeira (MACHADO E FIGUEIREDO FILHO, 2003). Desta forma, as equações podem ser divididas, segundo Scolforo e Melo (2006), em:

- Simples = apenas uma variável independente, o diâmetro; pouco correlacionado com a altura; hipsométrico;
- Dupla entrada = duas variáveis independentes, o diâmetro e a altura, com baixa correlação entre eles; volumétrico;
- Tripla entrada = três variáveis independentes, o diâmetro, a altura e o fator de forma.

Geralmente as equações de dupla entrada são mais utilizadas, porém sugerese testar vários modelos para que, por meio de análises estatísticas, seja identificada a melhor para cada caso.

Para a seleção do melhor modelo devem ser observados alguns critérios estatísticos, sendo os principais, o coeficiente de determinação ajustado (R²) e o erro padrão da estimativa (Syx).

O coeficiente de determinação, informa a porcentagem da variação dos dados observados em torno da média que está sendo explicada pela equação ajustada. Quanto mais próximo de 100, maior é a precisão da equação.

O erro-Padrão da estimativa (Sy.x) indica o erro médio associado ao uso da equação. Quanto menor o valor, menor o erro associado ao uso da equação. (SOARES, Carlos Pedro Boechat; NETO, Francisco de Paula; SOUZA, Agostinho Lopes de. Dendrometria e Inventário Florestal. 2ª. ed. Viçosa: Editora UFV, 2011. 272 p.)

2.6 CUBAGEM RIGOROSA

A cubagem é um procedimento de obtenção de volume da árvore medindo-se sucessivos diâmetros ao longo de seu fuste, dividindo-o em seções (MIGUEL, 2009), onde o somatório dos volumes de cada seção gera o volume total da árvore

(BELCHIOR, 1996) que, evidentemente, será mais acurado quando se usar seções de menor comprimento.

Este procedimento é realizado por classes de diâmetro e de altura, dentro de tratamentos silviculturais semelhantes, almejando indivíduos com formas semelhantes e constantes para se padronizar os volumes encontrados (GOMES, 1957). Daí a necessidade em se ajustar modelos a cada inventário realizado.

A derrubada de árvores para fins de cubagem é sempre efetuada fora das unidades amostrais, onde se buscam as árvores representativas do povoamento, geralmente segundo as classes diamétricas levantadas no inventário das parcelas (SANQUETTA et al., 2009).

A cubagem pode ser realizada pelos métodos absolutos (Smalian, Huber, Newton e Centróide) e relativos. No absoluto, o comprimento da seção não tem relação com o comprimento total da árvore. Já no relativo, o comprimento da seção representa um percentual do comprimento total da árvore, permitindo comparação dos volumes individuais de árvores distintas, porém com a mesma forma.

Após calcular o volume dessas partes individualmente somam-se estes volumes para obter o volume total do fuste. A maneira mais comum para realizar uma cubagem rigorosa é pelo uso da expressão matemática de Smalian, conhecido como método de Smalian (Soares et al., 2006):

$$V = \frac{AS1 + AS2}{2} * L$$

AS1 e AS2 são as áreas seccionais obtidas nas extremidades de cada seção, em m², e L é o comprimento da seção. A área seccional (AS) é obtida pela expressão:

$$AS = \frac{\pi d \ 2}{4}$$

sendo d o diâmetro da seção.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os povoamentos de Angico e Paricá foram implantados em junho de 2011 no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus de Alegre, ES (IFES), na rodovia ES-482, km 47, distrito de Rive, município de Alegre/ES, dentre as coordenadas geográficas 20° 46′ 24" de latitude sul e 41° 27′ 20" de longitude oeste de Greenwich. Antes da implantação do experimento com Angico e Paricá, realizada em junho de 2011, o uso da área era caracterizado por pastagem composta por *Brachiaria* sp., a qual era controlada exclusivamente pela herbívora do gado e sem aplicações de fertilizantes.

Na Figura 1 e Figura 2 é possível visualizar a localização das áreas, bem como a indicação dos Blocos 1, 2 e 3 onde foram implantados os experimentos de diferentes espaçamentos de plantio, com o Angico e Paricá.

Na região de Rive, distrito de Alegre/ES predomina o relevo do tipo montanhoso, sendo marcante a presença de cadeias de montanhas e de pontões, onde a altitude em relação ao nível do mar pode variar de 90 até 280 m.

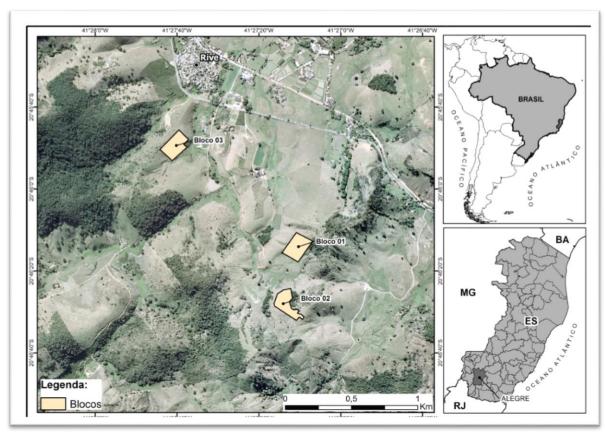


Figura 1. Localização da área de estudo e indicação dos blocos (Bloco 01, Bloco 02 e Bloco 03) onde foi instalado o experimento de Angico.

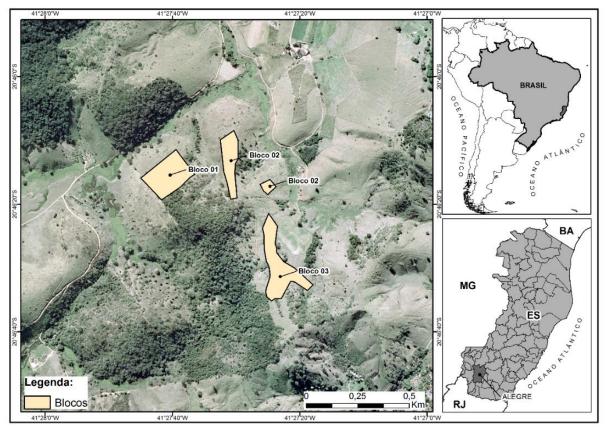


Figura 2. Localização da área de estudo e indicação dos blocos (Bloco 01, Bloco 02 e Bloco 03) onde foi instalado o experimento de Paricá.

O clima do município de Alegre é classificado como Aw (tropical com inverno seco), onde ocorrem chuvas no verão e inverno seco, sendo a temperatura média anual de 23°C e precipitação anual em torno de 1.200 mm (BLAIN et al., 2010). Segundo Soares e Batista (2004) este tipo de clima ocorre em locais onde a temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C e a precipitação média mensal é inferior a 60 mm.

O Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER (2015) também realizou uma caracterização da região onde o estudo foi desenvolvido, classificando-a como sendo de terras quentes acidentadas e secas, onde ocorrem até seis meses sem chuva.

Segundo IBGE (2012), a vegetação da área de estudo é classificada como Floresta Estacional Semidecidual que é caracterizada pela caducifólia de 20 a 50% dos indivíduos dominantes na floresta no período de menor precipitação do ano.

No preparo do terreno para a implantação florestal, o gado foi retirado e foi feito o dessecamento da braquiária com a aplicação de glifosato, e em seguida foi feita a

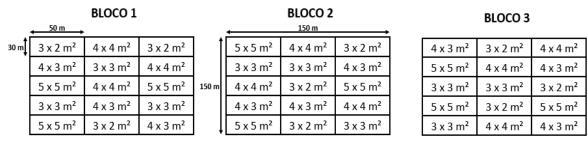
marcação das faixas e abertura das covas de plantio com dimensões de 0,30 m x 0,30 m x 0,30 m.

Na adubação de plantio das mudas, foram adicionados em cada cova 220 g de adubo granulado N-P-K na formulação 02-30-06, o qual continha micronutrientes nas seguintes proporções: 0,2% B; 0,2% Cu; e 0,2% Zn. Ressalta-se que não foi feito calagem na implantação, bem como durante a manutenção do plantio de *A. peregrina*.

As mudas de Angico e Paricá utilizadas no plantio foram produzidas pela Reserva Natural Vale, em Linhares/ES, em parceria com o Governo do Espírito Santo e com o IFES/Alegre, em consonância com o projeto Floresta Piloto e no momento do plantio estas mudas apresentavam altura da parte aérea em torno de 0,50 m. cresce em média 1 cm por semana, então seria após 2 meses que atingiram essa altura?

O plantio experimental foi estabelecido no delineamento em blocos casualizados com 5 tratamentos e três repetições de cada tratamento. Cada bloco continha no seu interior 15 unidades amostrais, que juntas ocupavam 2,25 ha de área plantada com Angico e Paricá.

Foram avaliados cinco tratamentos (espaçamentos de 3,0 m x 2,0 m, 3,0 m x 3,0 m, 4,0 m x 3,0 m, 4,0 m x 4,0 m e 5,0 m x 5,0 m) em 3 blocos, sendo que dentro de cada bloco um mesmo tratamento ainda tinha 3 repetições, distribuídas inteiramente ao acaso (Figura 3). Cada repetição do experimento representava uma unidade experimental, constituída por um retângulo nas dimensões de 30 m x 50 m (1500 m² ou 0,15 ha).



Total: 3 blocos (150 x 150 m²) x 5 espaçamentos x 3 repetições = 45 unidades amostrais (30 x 50 m²)

Figura 3. Esquema representativo do delineamento utilizado no plantio de Angico e Paricá, com distribuição das parcelas e em diferentes espaçamentos, em Rive, Alegre, ES

3.2 INVENTÁRIO FLORESTAL

As árvores foram medidas quanto ao seu diâmetro e altura, sendo contadas também para cálculo da sobrevivência. O diâmetro foi medido com auxílio de trena graduada em milímetros e a altura foi medida utilizando-se um clinômetro digital.

Em cada parcela, foram medidos os DAP de todas as árvores com exceção daquelas que compunham a borda da parcela, que não foram utilizadas para os cálculos das variáveis de crescimento.

Para a obtenção da estimativa da altura total de todas as árvores, foram medidas as alturas totais das cinco primeiras árvores de cada parcela, contabilizando um total de 45 árvores por tratamento (espaçamento). A partir destes dados foram utilizados modelos de relação hipsométrica para a estimativa das demais alturas totais. A medição de apenas cinco árvores por parcela, ao adotar o método da altura relativa para o povoamento utilizado, é suficiente, pois ocasionam maior agilidade na execução de um inventário florestal, com redução no custo, além de não prejudicar a qualidade das estimativas (LEITE e ANDRADE, 2002).

A área basal (G) foi calculada a partir da área seccional individual à altura do peito e estimada para um hectare em função do espaçamento (número de árvores por hectare) e da sobrevivência observada). O volume individual (Vi) foi calculado através do cálculo da área do cone, utilizando-se de fator de forma igual a 0,47 (SOUZA, 2018) e 0,49 (HOFFMANN et al., 2011), para Angico e Paricá, respectivamente; e assim foi possível gerar uma estimativa do volume total (VT), em função do espaçamento e sobrevivência (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2009).

3.3.1 RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA

Para o conjunto de dados, foram ajustados dez modelos hipsométricos (Tabela 1) utilizando o Microsoft Excel[®]. As significâncias dos coeficientes foram avaliadas pelo teste *t*, a 5% de probabilidade.

A escolha da melhor equação hipsométrica ajustada, para o conjunto dos dados, foi realizada com base nos critérios do erro padrão da estimativa em percentagem (Syx %) e do coeficiente de determinação ajustado em percentagem (R²aj%). Nos casos de equações logaritmizadas, visto que essas equações tendem a subestimar os valores da altura, utilizou-se um fator de conversão, visando corrigir

esse erro, por meio da multiplicação das alturas estimadas pelo Fator de Meyer (FM) para recalcular o erro padrão da estimativa, conforme descrito por MACHADO et al. (2015). Já o índice de ajuste de Schulaegel (IA) foi utilizado visando permitir a comparação com o coeficiente de determinação ajustado (R²aj%) das equações de diferentes naturezas (MACHADO et al., 2015).

Tabela 1 - Modelos de relação hipsométrica ajustados para o conjunto de dados.

Equação	Autores	Modelos hipsométricos
1	Linear simples	$h = \beta_0 + \beta_1 DAP + \varepsilon$
2	Trorey	$h = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \varepsilon$
3	Assmann	$h = \beta_0 + \beta_1 / DAP + \varepsilon$
4	Henricksen	$h = \beta_0 + \beta_1 Ln(DAP) + \varepsilon$
5	Stoffels	$Ln(h) = \beta_0 + \beta_1 Ln(DAP) + \varepsilon$
6	Curtis	$Ln(h) = \beta_0 + \beta_1 / DAP + \varepsilon$
7	Petterson	$h = [1/(\beta_0 + \beta_1/DAP)]^3 + 1.3 + \varepsilon$
8	Naslund (Prodan)	$h = \frac{DAP^2}{\beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2} + \varepsilon$
9	Naslund	$h = \left(\frac{DAP^2}{\beta_0 + \beta_1 DAP^2} + 1{,}30\right) + \varepsilon$
10	Naslund (Prodan)	$h = \left(\frac{DAP^2}{\beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2} + 1{,}30\right) + \varepsilon$

Em que: DAP = diâmetro a 1,30 m de altura do solo (cm); h = altura total (m); l = logaritmo neperiano; l = parâmetros do modelo ajustado (i=0, 1, 2...n) e; l = erro de estimativa.

Para verificar a ocorrência ou não de tendências nas estimativas da variável altura, foram realizadas análises gráficas de resíduos em função do DAP (cm) observado, bem como testes complementares (Tabela 2) por meio das estatísticas do Viés (V), Média das Diferenças Absolutas (MD) e Desvio Padrão das Diferenças (DPD), conforme descrito por Figueiredo Filho et al. (1996).

Após a seleção da melhor equação para o conjunto dos dados, o modelo correspondente foi utilizado para o ajuste com os dados estratificados de acordo com as classes de aproveitamento pré-estabelecidas. A avaliação das equações por classe de aproveitamento foi realizada por meio das estatísticas de precisão já descritas anteriormente.

Tabela 2 - Critérios e estimadores de avaliação dos modelos utilizados para a estimativa da altura total.

Estatística	Estimador	Estimador (%)
Coeficiente de determinação ajustado		$\frac{SQ \operatorname{Re} g}{SQTotal}$ $R^{2} \cdot \left(\frac{n-1}{n-p-1} \right) \right\} \cdot 100$
Índice de ajuste de Schulaegel (IA)	$IA = 1 - \frac{SQ \operatorname{Re} s}{SQTotal}$	
Erro padrão da estimativa	$Syx = \sqrt{\frac{SQres}{n-p}}$	$Syx(\%) = \frac{Syx}{\overline{Y}}100$
Fator de Meyer (FM)	$FM = e^{(0,5.S_{yx}^2)}$	$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{n - p}} \dots \hat{Y} = \hat{Y}.FM$
Resíduo		$R(\%) = \frac{\hat{Y}_i - Y_i}{Y_i}.100$
Viés (V)	$V = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i - \sum_{i=1}^{n} \hat{Y}_i}{n}$	$V(\%) = \frac{V}{\overline{Y}} \cdot 100$
Média das diferenças absolutas (MD)	$MD = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left Y_{i-} \hat{Y}_{i} \right }{n}$	$MD(\%) = \frac{MD}{\overline{Y}} \cdot 100$
Desvio padrão das diferenças (DPD)	$DPD = \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^{n} di^{2} - \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} di}{n}\right)^{2}\right)}{n-1}}$	$DPD(\%) = \frac{DPD}{\overline{Y}} \cdot 100$

Em que: SQReg = soma dos quadrados da regressão; SQTotal = soma dos quadrados do total; SQRes = soma dos quadrados dos resíduos; n = número de observações; p = número de coeficientes de cada modelo utilizado; Y_i = Altura da i-ésima árvore medida com o hipsômetro Vertex®, (m); \hat{Y}_i = altura da i-ésima árvore obtida com a equação ajustada (m); \bar{Y}_i = média das alturas observadas (m); $di = \begin{pmatrix} x \\ Y_i - Y_i \end{pmatrix}$

3.3.2 METANÁLISE

Uma metanálise foi conduzida para quantificar e comparar as diferenças existentes entre resultados encontrados na literatura de espécies da família Fabaceae e os resultados deste estudo. Os parâmetros para admissão no estudo foram: idade

entre 5 e 20 anos; pelo menos 5 observações encontradas; espaçamentos entre 2 m x 2 m e 5 m x 5 m (área vital maior que 4 m² e menor que 25 m²); espécies da família Fabaceae.

Após a extração das médias de sobrevivência, altura e DAP das publicações, um gráfico de "parcela florestal" foi gerado mostrando uma comparação entre as publicações de espécies de Fabaceae e os resultados deste estudo, em um intervalo de confiança de 95% (P (x – 1,96 × σ x < μ < x + 1,96 × σ x) = 0,95). Os cálculos e gráficos foram realizados no Excel e baseados em publicações sobre o tema (FITZPATRICK-LEWIS et al., 2009; COGO, 2020).

4. RESULTADOS

4.2 Levantamento dos Dados Através do Inventário

Com a realização do inventário florestal, obteve-se informações sobre as duas espécies objeto de estudo. As características do povoamento do Angico aos sete anos, implantado em diferentes espaçamentos pode ser observado na Tabela 3. Já na Tabela 4 são apresentadas as características do povoamento do Paricá aos sete anos, implantado em diferentes espaçamentos. Nesta espécie não foi possível observar as diferenças nas sobrevivências e volumes totais entre os espaçamentos.

Nota-se que, em relação aos espaçamentos empregados, foi constatado diferenças não significativas em relação as duas espécies, refletindo um comportamento parecido, para estes parâmetros.

Tabela 3. Variáveis dendrométricas do Angico aos 7 anos em diferentes espaçamentos.

	Espaçamento	SO	3	DAP		HT		HC		G		Vi		VT	
	(m²)	(%))	(cn	n)	(n	(m) (m)		(m2 ha-1)		(m3)) (m3 ha		a-1)	
	3 x 2	87,9	а	9,1	d	6,4	С	3,8	а	10,9	а	0,019	d	27,4	bc
	3 x 3	90,4	а	10,4	cd	7,4	b	4,0	а	9,5	ab	0,037	cd	37,2	а
	4 x 3	91,2	а	11,4	bc	8,1	а	3,9	а	8,6	bc	0,048	bc	36,1	а
	4 x 4	90,0	а	12,2	b	7,8	ab	3,6	b	7,4	cd	0,052	b	29,5	b
	5 x 5	93,2	а	14,4	а	8,2	а	3,3	С	6,6	е	0,069	а	25,9	С

Sobrevivência (SOB), diâmetro a altura do peito (DAP), altura do fuste (Hc), altura total da árvore (Ht), área basal (G), volume comercial individual (Vi) e volume comercial total (VT). (Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade).

Tabela 4 – Variáveis dendrométricas do Paricá aos 7 anos em diferentes espaçamentos.

_	Tabola I Va	ola i valiavolo acitarori otticae aci i alica acci i								Tarico erri anererice copaçamentos:					
	Espaçamento (m²)	SOB (%)		DAP H (cm) (m)			G (m² ha ⁻¹)		Vi (m³)		VT (m³ ha ⁻¹)				
	3 x 2	75,1	а	13,5	b	9,9	b	18,2	а	0,0715	b	89,3	а		
	3 x 3	76,1	а	15,5	b	11,2	а	15,9	ab	0,1035	b	87,5	а		
	4 x 3	71,4	а	15,5	b	11,4	а	11,4	b	0,1064	b	64,2	а		
	4 x 4	83,2	а	19,3	а	12,0	а	15,5	ab	0,1754	а	91,8	а		
_	5 x 5	84,6	а	21,2	а	12,1	а	11,9	ab	0,2107	а	70,5	а		

Sobrevivência (SOB), diâmetro a altura do peito (DAP), altura total (H), área basal (G), volume comercial individual (Vi) e volume comercial total (VT). (Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade).

4.3 Análises Estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas através de dez modelos hipsométricos ajustados, no software Microsoft Excel.

4.3.1 Relação Hipsométrica do Angico e Paricá

Na Tabela 5 pode ser visualizado a lista com as características dos dados estatísticos usados para estimar a altura total do Angico, que cresceu por sete anos.

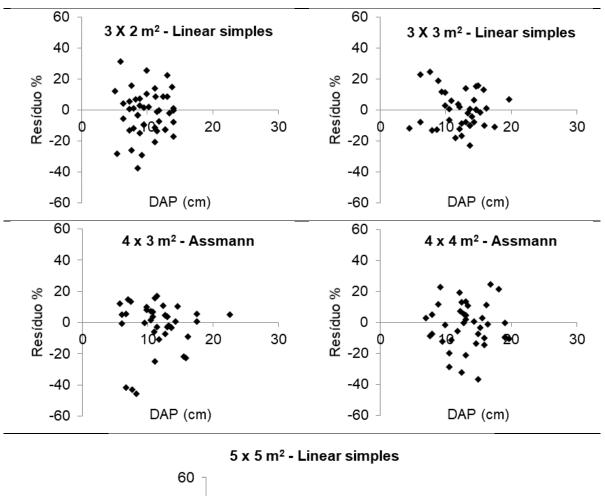
Tabela 5 - Equações selecionadas e estatísticas para estimar a altura total em Angico aos sete anos.

Espaçamento	Equação	$R_{ajustado}^2$	S _{yx} %	V%	MD%	DPD%
3 x 2 m ²	h = 2,6413 + 0,4125DAP	0,54	14,38	1,17E-15	10,86	14,22
3 x 3 m ²	h = 4,7881 + 0,2523DAP	0,38	13,36	-3,11E-15	10,28	13,19
4 x 3 m ²	h = 11,7570 - 40,6620/DAP	0,66	12,06	2,25E-15	9,17	11,91
4 x 4 m ²	h = 11,8975 - 49,3893/DAP	0,48	14,72	2,81E-15	11,13	14,53
5 x 5 m ²	h = 3,9470 + 0,2939DAP	0,44	15,83	5,94E-15	12,55	15,65

Coeficiente de determinação ajustado ($R_{ajustado}^2$), Erro Padrão da Estimativa em Porcentagem (S_{yx} %), Viés (V), média das Diferenças Absolutas (MD) e Desvio Padrão das Diferenças (DPD).

Para a interpretação das estatísticas Viés (V), Média das Diferenças Absolutas (MD) e Desvio Padrão das Diferenças (DPD), os menores valores indicam

respectivamente menores tendências, menores amplitudes de erro e maior homogeneidade dos erros ao longo do eixo, demonstrando que o ajuste apresenta maior exatidão. Tais estatísticas reforçam o que se vê na análise gráfica dos resíduos (Figura 4).



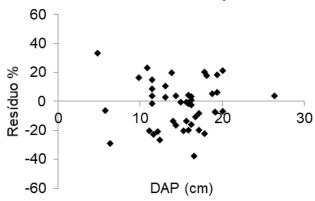


Figura 4. Distribuição dos resíduos para altura total para os modelos de relação hipsométrica selecionados por espaçamento em Paricá aos sete anos.

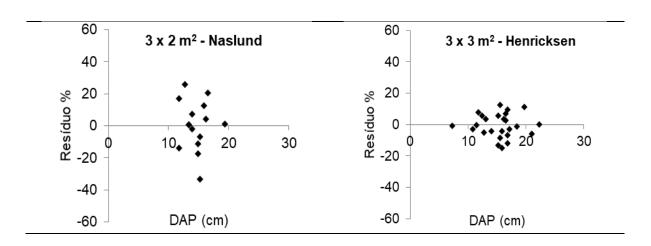
Na Tabela 6 pode ser visualizado a lista com as características dos dados estatísticos usados para estimar a altura total do Paricá, que cresceu por sete anos.

Tabela 6 - Equações selecionadas e estatisticas para estimar a altera total em 1 anea aos sete am									
Espaçamento	Equação	$R_{ajustado}^2$	S _{yx} %	V	MD	DPD			
3 x 2 m ²	$h = \left(\frac{DAP^2}{7,2605 + 0,0755DAP^2} + 1,30\right)$	0,01	16,38	2,59	11,72	15,55			
3 x 3 m ²	h = -0.6746 + 4.3934 Ln(DAP)	0,58	7,76	1,20E-14	6,14	7,60			
4 x 3 m ²	h = 6,5506 + 0,3110DAP	0,49	9,18	-4,27E-15	6,58	8,99			
4 x 4 m ²	h = 0,4902 + 3,9002Ln(DAP)	0,12	11,28	1,30E-14	9,38	11,04			
5 x 5 m ²	Ln(h) = 0.9374 + 0.5081Ln(DAP)	0,51	7,76	0,27	5,74	7,55			

Tabela 6 - Equações selecionadas e estatísticas para estimar a altura total em Paricá aos sete anos.

Coeficiente de Determinação Ajustado ($R_{ajustado}^2$), Erro Padrão da Estimativa em Porcentagem (S_{yx} %), Viés (V), Média das Diferenças Absolutas (MD) e Desvio Padrão das Diferenças (DPD).

Para a interpretação das estatísticas Viés (V), Média das Diferenças Absolutas (MD) e Desvio Padrão das Diferenças (DPD), os menores valores indicam respectivamente menores tendências, menores amplitudes de erro e maior homogeneidade dos erros ao longo do eixo, demonstrando que o ajuste apresenta maior exatidão. Tais estatísticas reforçam o que se vê na análise gráfica dos resíduos (Figura 5).



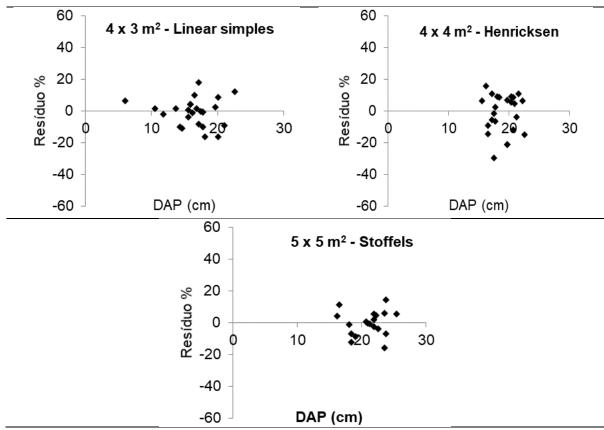


Figura 5. Distribuição dos resíduos para altura total para os modelos de relação hipsométrica selecionados por espaçamento em Paricá aos sete anos.

4.4 Crescimento

A partir dos valores de DAP, Ht e volume do fuste das 42 árvores do Angico e das 30 árvores do Paricá abatidas, obteve-se através do modelo de regressão descrito por Schumacher e Hall, a estimativa do volume das demais árvores do povoamento.

A equação ajustada por este modelo para as duas espécies pode ser visualizada na Tabela 7.

Tabela 7 - Equação ajustada para as duas espécies.

Espécie: Nome popular	Modelo de regressão descrito por Schumacher e Hall
Angico	Ln (vi) = 0,68534 + 0,12697 Ln (DAP) + 0,03964 Ln (HC), com R ² = 0,99 e S_{yx} % = 1,94.
Paricá	Ln (vi) = -0,54403 + 0,58215 Ln (DAP) + 0,04562 Ln (HT), com R ² = 0,99 e S_{yx} % = 1,60.

Em que: vi = Volume individual; DAP= diâmetro a altura do peito; HC = altura comercial; R^2 = Coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} % = Erro Padrão da Estimativa em Porcentagem; Ln = logaritmo neperiano.

Na Figura 6 é são apresentados o volume individual observado (quadrados) e curva de regressão estimada por Schumacher e Hall em função do diâmetro a altura do peito (1,3 m); e distribuição dos resíduos de acordo com o volume cubado.

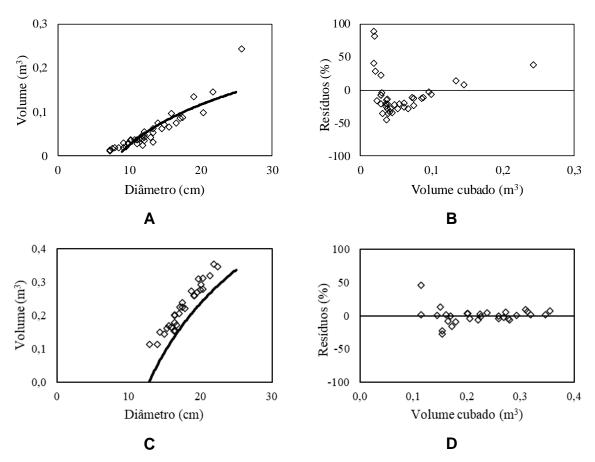


Figura 6 - Em A e B o Angico; Em C e D o Paricá.

5 DISCUSSÃO

5.1 INVENTÁRIO

Conforme pode ser observado nos resultados, os coeficientes de variação experimental para sobrevivência estão dentro dos limites aceitáveis da experimentação agrícola, pois variaram de 87,9% (sobrevivência) para o Angico e 71,4% (sobrevivência) para o Paricá.

5.1.1 Angico

Para o Angico, observou uma tendência no crescimento médio do DAP, Ht e Vi, a medida em que o espaçamento de plantio aumentou, ou seja, quanto maior foi o espaçamento maior foram os valores obtidos.

O espaçamento 3x2 m² produziu os menores volumes para DAP, Ht e Vi, e o espaçamento 5x5 m² produziu os maiores volumes individuais em relação aos mesmos parâmetros. Verificou-se então, através destes parâmetros, que a influência dos diferentes espaçamentos, durante os sete anos, influencia na concorrência por luz e/ou nutrientes do solo e disponibilidade hídrica.

O número de plantas mortas nos espaçamentos menores semelhante ao verificado nos espaçamentos maiores, sugerindo que o auto desbaste das plantas nos menores espaçamentos deve ocorrer em idades mais avançadas.

Através da caraterização dendrométrica notou-se que a altura do fuste (Hc) foi aproximadamente metade do valor da altura total da árvore (Ht), destacando a menor participação do fuste em relação à parte aérea. O maior valor encontrado para Hc foi no espaçamento 3x3 m² e o menor valor no espaçamento 5x5 m². Quanto menor o espaçamento maior a competição por luz solar, fazendo a árvore crescer verticalmente de forma a procurar esta luz.

Quanto a área basal, o espaçamento 3x2 m² produziu as maiores áreas basais e o espaçamento 5x5 m² produziu as menores áreas basais. O crescimento da área basal está intimamente relacionado com a densidade populacional, de modo geral um espaçamento menor tende a mostrar uma área de base maior.

Os espaçamentos 3x3 m² e 4x3 m² destacaram-se na altura comercial (HT) com 4,0 e 3,9 m respectivamente e volume total (VT) com 37,2 e 36,1 m³ ha⁻¹

respectivamente, as características dendrométricas citadas não apresentaram diferenças significativas entre os espaçamentos.

5.1.2 Paricá

No Paricá, observou uma tendência no crescimento médio do DAP, H e Vi, a medida em que o espaçamento de plantio aumentou, ou seja, quanto maior foi o espaçamento maior foram os valores obtidos. Assim como também apresentado para o Angico.

Os espaçamentos 3x2 m² produziu os menores volumes para DAP, Ht e Vi, e o espaçamento 5x5 m² produziu os maiores volumes individuais em relação as mesmas estiamtivas. Verificou-se então, através destas estimativas, que a influência dos diferentes espaçamentos, durante os sete anos, influencia na concorrência por luz e/ou nutrientes do solo e disponibilidade hídrica, e que, o espaçamento tem maior influência no crescimento em diâmetro do que em altura. Embora nesta espécie a tendência de maior crescimento em altura ocorreu nos espaçamentos de plantio mais amplos.

O Guapuruvu (*Schizolobium parahyba* Blake), do mesmo gênero do Paricá apresenta crescimento monopodial (CARVALHO, 2003). Portanto, para essas espécies, esperava-se maior crescimento em altura nas plantas dos espaçamentos mais adensados pela maior procura por luz, o que não ocorreu, provavelmente devido a competição intraespecífica.

Mesmo que a percentagem de copa se reduza com o aumento da altura, a competição pela luz se dá horizontal e não verticalmente no povoamento, ou seja, o diâmetro de copa tem maior influência na competição pela luz do que a altura de copa (PADOIN e FINGER, 2010).

A área basal variou de 11,9 a 18,2 m² ha⁻¹, nos espaçamentos 5x5 m² e 3x2 m², respectivamente. O crescimento da área basal está intimamente relacionado com a densidade populacional, de modo geral um espaçamento menor tende a mostrar uma área de base maior.

Ao avaliar as principais características dendrométricas de Paricá em plantios comerciais com idades de 60, 72 e 84 meses, em espaçamento 4x4 m², na região de Paragominas, PA, Hoffmann et al. (2011) concluíram que o Paricá teve um crescimento tanto em diâmetro quanto em altura semelhante a espécies de rápido

crescimento, encontrando valores médios de altura e DAP iguais a 23,06 m e 21,28 cm, respectivamente, aos 84 meses de idade.

Estudos realizados por Miranda et al. (2016), com Paricá em dois plantios no Norte do estado de Mato Grosso, chegaram em médias para os dois plantios, aos 16 anos para DAP e altura total iguais a 30,1 cm e 32,2 cm; 29,2 m e 23,9 m, e a produção volumétrica foi de 1,04 e 0,96 m³.

5.2. RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA

5.2.1 Angico

De todos os dez modelos, cujas equações resultam em ajustes significativos, a partir da análise estatística dos modelos com parâmetros significativos, para altura total obteve-se valores para o erro entre 12,06 e 18,68%.

Com base na classificação das estatísticas do Coeficiente de Determinação Ajustado ($R_{ajustado}^2$), Erro Padrão da Estimativa em Porcentagem (S_{yx} %), Viés (V), Média das Diferenças Absolutas (MD) e Desvio Padrão das Diferenças (DPD), estabeleceu-se um ranking para cada espaçamento, observou-se um melhor desempenho para o ajuste da altura total ao utilizar o modelo Linear Simples para os espaçamentos $3x2 \text{ m}^2$, $3x3 \text{ m}^2$ e $5x5 \text{ m}^2$; e o modelo de Assmann para os espaçamentos $4x3 \text{ m}^2$ e $4x4 \text{ m}^2$.

As equações hipsométricas apresentaram variação do Coeficiente de Determinação Ajustado ($R_{ajustado}^2$) de 28%, com destaque para o espaçamento 4x3 m² (66%) e menor no espaçamento 3x3 m² (38%). Os valores de Erro Padrão da Estimativa em Porcentagem (S_{yx} %) ficaram entre 13,36 a 15,83 para o modelo Linear Simples e entre 12,06 a 14,72 para o modelo de Assmann.

Com a seleção do modelo de melhor desempenho para cada espaçamento, eles foram utilizados para a estimativa da altura total, e posterior composição da média das alturas em cada espaçamento. Vale ressaltar a dificuldade de encontrar trabalhos similares ao realizado para permitir a discussão dos resultados obtidos. Por outro lado, com maiores esforços amostrais se obtém, consequentemente, estimativas mais confiantes.

5.2.2 Paricá

As estimativas dos parâmetros para os modelos hipsométricos, para cada espaçamento, foram significativas a 95% de probabilidade pelo teste t para a maioria dos modelos testados. A partir da análise estatística dos modelos com parâmetros significativos, para a altura total obteve-se valores para o erro entre 7,66 a 16,68%.

Com base na classificação das estatísticas do Coeficiente de Determinação Ajustado ($R_{ajustado}^2$), Erro Padrão da Estimativa em Porcentagem (S_{yx} %), Viés (V), Média das Diferenças Absolutas (MD) e Desvio Padrão das Diferenças (DPD), os melhores modelos para o ajuste de altura total foram Naslund para o espaçamento 3x2 m²; Henricksen para os espaçamentos 3x3 m² e 4x4 m²; e Linear Simples para o espaçamento 4x3 m²; e Stoffels para o espaçamento 5x5 m².

As equações hipsométricas apresentaram variação do Coeficiente de Determinação Ajustado ($R_{ajustado}^2$) de 57%, com destaque para o espaçamento 3x3 m² (58%) e menor no espaçamento 3x2 m² (1%). Para os modelos de Naslund, Henricksen, Linear Simples e Stoffels os valores de Erro Padrão da Estimativa em Porcentagem (S_{yx} %) foram 16,38; 7,76 e 11,28; 9,18 e 7,76% respectivamente.

5.3 CRESCIMENTO DE ANGICO VS PARICÁ

Houve uma tendência no crescimento médio do DAP e volume individual a medida em que se aumentou o espaçamento de plantio. O DAP das árvores de angico e Paricá variaram entre 9,1 e 14,4 cm, e 13,5 e 21,2 cm, respectivamente. Para ambas as espécies, os espaçamentos 3x2 m² produziram os menores DAP e o espaçamento 5x5 m² produziram os maiores DAP.

O volume individual das árvores de Angico variou entre 0,0205 e 0,0664 m³, e entre 0,0715 e 0,2107 m³ nas árvores de Paricá. Em ambas as espécies, os espaçamentos 3x2 m² produziram os menores volumes individuais e o espaçamento 5x5 m² produziram os maiores volumes individuais.

Geralmente espaçamentos de plantio mais amplos promovem o rápido crescimento nos primeiros anos, proporcionando árvores com diâmetro e volume individual maiores, enquanto espaçamentos mais adensados, onde ocorrem maior competição por espaço, nutrientes, água e luz, tendem a proporcionar crescimento

em diâmetro e volume individual menores (CLUTTER, 1983; SCOLFORO, 1997; BENIN et al., 2014).

As alturas totais das árvores de angico variaram entre 6,4 a 8,2 m; e entre 9,9 a 12,1 m para as árvores de Paricá. Em geral, espaçamentos mais amplos proporcionaram maiores alturas que espaçamentos mais densos. Mesmo que a percentagem de copa se reduza com o aumento da altura, a competição pela luz se dá horizontal e não verticalmente no povoamento, ou seja, o diâmetro de copa tem maior influência na competição pela luz do que a altura de copa (PADOIN e FINGER, 2010).

Para a área basal, houve uma tendência de aumento à medida que se diminuiu o espaçamento de plantio. A área basal variou de 6,6 a 10,9 m² ha⁻¹ e 11,9 a 18,2 m² ha⁻¹, nos povoamentos de Angico e Paricá, respectivamente. Em ambas as espécies, os espaçamentos 3x2 m² produziram as maiores áreas basais e o espaçamento 5x5 m² produziram as menores áreas basais.

O crescimento da área basal é intimamente ligado com a densidade do povoamento, onde, de uma forma geral, espaçamentos menores tendem a apresentar uma maior área basal (COUTO et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2009).

Apesar da tendência de aumento no volume à medida que se diminui o espaçamento de plantio, não houve diferenças significativas para o volume total entre os espaçamentos para as duas espécies. O povoamento de Angico apresentou médias de volume total entre 24,8 a 31,9 m³ ha-¹. Já o povoamento de Paricá apresentou médias de volume total entre 64,2 a 91,8 m³ ha-¹.

De uma forma geral, diversos estudos têm demonstrado que espaçamentos mais densos geram maior volume por hectare em função do número de indivíduos, porém as árvores apresentam menor volume individual (BALLONI e SIMÕES, 1980; AKHTAR et al., 2008; FORREST et al., 2010; CAMPOS e LEITE, 2013; ALBAUGH et al., 2017).

Os resultados encontrados na literatura divergem dos resultados alcançados neste trabalho. O volume total estimado é uma variável dependente de outras, como: DAP, altura total e número de árvores remanescentes por hectare em cada espaçamento. Essa estimativa pode aumentar o erro experimental e com isso, a impossibilidade de encontrar diferenças entre os tratamentos (espaçamentos).

Para melhorar comparar os resultados encontrados neste estudo, foi realizada uma metanálise de espécies da família Fabaceae. As informações sobre as espécies, número de observações, idade média, área vital são encontradas na Tabela 8.

Tabela 8 - Espécie, nome vulgar, número de observações (n), idade média, área vital e publicações utilizadas na extração dos dados da metanálise.

Espécie ¹	Nome vulgar	n	Idade média (anos)	Área vital (m²)	REF ³
Apuleia leiocarpa	Grápia	6	8,7	9,5	1
Ateleia glazioviana	Timbó	7	7,9	7,2	2
Caesalpinia echinata	Pau-Brasil	12	10,3	8,1	1
Centrolobium microchaete	Araribá-Amarelo	5	8,8	11,4	3
Enterolobium contortisiliquum	Timbaúva	23	8,8	8,3	1
Holocalyx balansae	Alecrim	8	9,8	9,0	1
Hymenaea courbaril	Jatobá Verdadeiro	7	12,3	6,3	1
Mimosa scabrella	Bracatinga	6	5,6	9,0	1,4
Peltophorum dubium	Canafístula	16	8,7	9,2	5
Piptadenia gonoacantha	Pau-Jacaré	17	10,3	8,9	1
Poecilanthe parviflora	Coração-De-Negro	5	12,2	9,5	1
Pterogyne nitens	Amendoim	11	9,8	8,8	1
Tachigali vulgaris	Taxi-Branco	13	6,9	8,1	6,7
Anadenanthera peregrina ²	Angico	5	7,0	13,6	
Schizolobium parahyba²	Paricá	5	7,0	13,6	

¹ Para admissão no estudo: idade entre 5 e 20 anos; pelo menos 5 observações encontradas; espaçamentos entre 2 m x 2 m e 5 m x 5 m (área vital maior que 4 m² e menor que 25 m²); espécies da família Fabaceae. ² Angico e Paricá: número de observações representam um por espaçamento; área vital é referente à média das áreas vitais para os cinco espaçamentos.

Para a maioria das médias de sobrevivência, altura total e DAP obtidas na metanálise, não existe diferença significativa entre os resultados publicados e os obtidos neste estudo (Figura 7).

³ Referências: 1 = CARVALHO, 1994; 2 = CARVALHO, 2002; 3 = CARVALHO, 2006; 4 = LISBÃO JÚNIOR, 1981; 5 = BERTOLINI et al., 2015; 6 = SOUSA et al., 2016; 7 = TONINI et al., 2018.

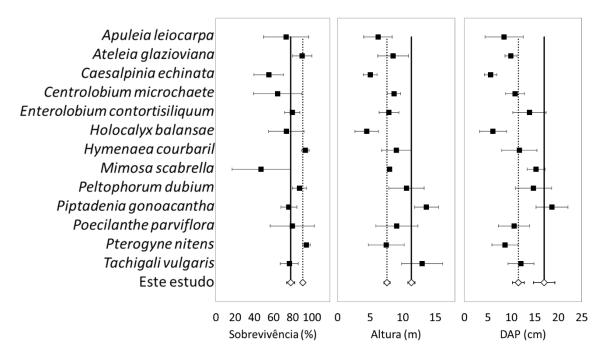


Figura 7 - "Gráfico Floresta" de uma metanálise de espécies da família Fabaceae em comparação com as médias dos resultados obtidos em Angico (linha central tracejada) e Paricá (linha central sólida).

Conforme observado no "Gráfico Floresta" da Figura 7, as barras componentes de cada ponto (média) das espécies listadas correspondem ao erro padrão, quando a linha central coincide com as barras, não existe diferença significativa.

No quesito de sobrevivência, altura e DAP pode ser observado um certo padrão de significância na comparação das médias, mesmo sob tratamentos e sítios diferentes. Esta similaridade é de grande importância para o estudo de fabáceas seja em plantios puros, consórcios e sistemas agrossilvipastoris.

A família Fabaceae possui hábitos muito variados, até mesmo as de grande porte, como as comparadas neste estudo, porém estatisticamente as variáveis dendrométricas entre as espécies se dá por uma linha tênue, mostrando que há uma certa correlação.

6. CONCLUSÕES

Os espaçamentos de plantio influenciam na produção volumétrica. O espaçamento mais denso (3,0 m x 2,0 m²) proporcionou maior área basal por unidade de área, e os espaçamentos mais amplos houve um aumento médio no DAP e no número de indivíduos. A escolha do espaçamento ótimo seja para produção

volumétrica ou de biomassa deve variar de acordo com a finalidade do plantio e o grau de mecanização das operações florestais.

As equações hipsométricas ajustadas foram satisfatórias para estimar a altura total dos povoamentos das espécies. Não houve diferença na produção volumétrica por hectare entre os espaçamentos avaliados.

Os espaçamentos adensados foram responsáveis pelos maiores volumes para o povoamento de Paricá, porém com dimensões inferiores que limitam seu uso em diversas utilidades.

Para melhor desenvolvimento da floresta plantada, a escolha do espaçamento é fundamental, deve ser considerado que, quanto pior o balanço hídrico, maior deve ser o espaçamento entre plantas. O tipo de solo, clima e material genético também são fatores que influenciam diretamente no desenvolvimento dos indivíduos arbóreos.

7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário Estatístico **ABRAF**, p. 146, 2013.

AKHTAR, J.; SAQIB, Z. A.; QURESHI, R. H.; HAQ, M. A.; IQBAL, M. S.; MARCAR, N. E. **The effect of spacing on the growth of Eucalyptus camaldulensis on salt-affected soils of the Punjab, Pakistan**. Can. J. Forest Res 38:2434-2444, 2008.

ALBAUGH, T. J.; FOX, T. R.; RUBILAR, R. A.; COOK, R. L.; AMATEIS, R. L.; BURKHART, H. E. **Post-thinning density and fertilization affect** *Pinus taeda* **stand and individual tree growth**. Forest Ecology and Management 2017; 396:207–16.

ALMEIDA, H. S.; GONZAGA, A. P. D.; SOUSA, H.; NUNES, Y. R. F.; CIPRIANI, H. N. Cotyledon integrity on *Anadenanthera columbrina* (Vell.) Brenan (Fabaceae – Mimosoideae) germination and early stablishment. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 2, p. 227-234, 2010.

ARCE, J. E. **Manejo Florestal**. Curitiba: UFPR, 2002. 41 p. Apostila do curso regular de Manejo Florestal da Faculdade de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná.

ASSMANN, E. The principles of forest yield study: studies in the organic production, structure, increment and yield of forest stands. Oxford: Pergamon Press, 1970. 506p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Projetos de estruturas de madeira** – NBR 7190. Rio de Janeiro: 1997. 107p.

BALLONI, E. A., SIMÕES, J. W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **IPEF**, p.1-26, 1980. (Série Técnica, 3).

BALLONI, E.A.; SIMÕES, J.W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **IPEF**, v.1, n.3, p.1-16, 1980 (Série Técnica).

BELCHIOR, P. R. M. Estimação de volumes total, de fuste e de galhos em mata secundária no município de Rio Vermelho. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. Sampling techniques and nutritional evaluations in eucalypt plantations. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (eds.) Forest nutrition and fertilization. Piracicaba: **IPEF**, 2004, cap. 5, p. 113-139.

BENIN, C. C.; WIONZEK, F. B.; WATZLAWICK, L. F. Initial assessments on the plantation of *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage deployed in different spacing. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 7, n. 1, p. 55-61, 2014.

- BENIN, C. C.; WIONZEK, F. B.; WATZLAWICK, L. F. Initial assessments on the plantation of Eucalyptus benthamii Maiden et Cambage deployed in different spacing. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 7, n. 1, p. 55-61, 2014.
- BERGER, R. Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilidade. 2000. 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2000.
- BERTOLINI, Í. C.; DEBASTIANI, A.B.; BRUN, E. J. Caracterização silvicultural da Canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). Scientia Agraria Paranaensis-SAP, Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 2, abr./jun., p. 67-76, 2015.
- BLAIN, G. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; PEZZOPANE, J. E. M.; BONOMO, R. Índice padronizado de precipitação aplicado às condições de seca no estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB: v. 14, n. 10, p. 1067–1073, 2010.
- Brasil, (2007). Plano Nacional de Silvicultura com espécies nativas e sistemas agroflorestais MMA; MAPA; MDA; MCT. Brasília. 38 p.
- Breugel, M. van; 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. 2010. Early growth and survival of 49 tropical tree species across four sites differing in soil fertility and rainfall. **Forest Ecology and Management** doi: 10.1016/j.foreco.2010.08.019.
- CALDEIRA, S. F.; OLIVEIRA, D. L. C. Desbaste seletivo em povoamentos de *Tectona grandis* com diferentes idades. **Acta Amazonica**, v. 38, p. 223 228, 2008.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. Mensuração Florestal: Perguntas e respostas. 4. Ed. Viçosa, **UFV**, 2013, 605p
- CARDOSO, D. J. et al. Influence of spacing regimes on the development of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) in Southern Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 310, n. August, p. 761–769, 2013.
- CARVALHO, P. E. R. Araribá-Amarelo. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 7 p. (Embrapa Florestas. Circular técnica, 124).
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras:** recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Brasil. Disponível em:http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/temp/index_especies.htm. Acesso em: 10 de nov. de 2015.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília DF: Embrapa Informações Tecnológica; Colombo: **Embrapa Floresta**, 2003.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Colombo, PR: **Embrapa Florestas**, 2003. 1039p.

- CARVALHO, P. E. R. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira. Colombo: EMBRAPA CNPF. Brasília, DF: **EMBRAPA** SPI, 1994. 640 p.
- CARVALHO, P. E. R. Timbó. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 7 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 57).
- CARVALHO, S. P. C. **Uma nova metodologia de avaliação do crescimento e da produção de Eucalyptus sp clonal para fins energéticos**. Dissertação Mestrado em Engenharia Florestal, 103p. Universidade Federal de Lavras, 2010.
- CLUTTER, J. L.; FORTSON, J. C.; PIENAAR, L. V.; BRISTER, G. H.; BAILEY, R. L. Timber Management: a quantitative approach. **New York: John Wiley and Sons**, 1983. 383 p.
- CLUTTER, J. L.; FORTSON, J. C.; PIENAAR, L. V.; BRISTER, G. H.; BAILEY, R. L. Timber Management: a quantitative approach. **New York: John Wiley and Sons**, 1983. 383 p.
- COGO, F. D. Introdução à revisão sistemática e meta-análise aplicadas à agricultura. Belo Horizonte: EdUEMG, 2020. 66 p.
- 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 PA (Brasil). **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 679–687, 2015.
- COUTO, C. S.; LATORRACA, J. V. F.; DE PAULA, J. C. M.; SOUZA, C. M.; MOROKAWA, T. Avaliação de propriedades físicas de clone de Eucalipto em diferentes espaçamentos. **Revista Florestal Latino-americana**, v. 25, n. 1, p. 49-60, 2010.
- COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M. Modelos de equações de volume e relações hipsométricas para plantações de Eucalyptus sp. no Estado de São Paulo. **IPEF**, n.37, p.33-34, 1987.
- COUTO, L.; LEITE, H. G.; ABRAHÃO, C.; MÜLLER, M. Efeito do Espaçamento sobre a Produção de Biomassa em Florestas Energéticas de Eucalipto. In: Documento Técnico **RENABIO** 01/2009.
- CURTO, R. A.; Avaliação do crescimento e potencial de manejo em plantio superestocado de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2015. 251 f.
- DANIEL, T. W.; HELMS, J. A.; BACKER, F. S. **Princípios de silvicultura**. México: McGraw-Hill, 1982. 492p.

DOBNER JR, M.; HUSS, J.; TOMAZELLO FILHO, M. Wood density of loblolly pine trees as affected by crown thinnings and harvest age in southern Brazil. **Wood Science and Technology**, v. 52, p. 465–485, 2018.

DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de Cabralea canjerana, em mata secundaria nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.8, n.1, p. 55-66, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - **EMBRAPA**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FIGUEIREDO FILHO, A; BORDERS, B. E.; HITCH K. L. Taper equations for *Pinus taeda* plantations in Southern Brazil. **Forest Ecology and Management**. v. 83, p. 39-46, 1996.

FIGUEIREDO FILHO, A; BORDERS, B. E.; HITCH K. L. Taper equations for *Pinus taeda* plantations in Southern Brazil. **Forest Ecology and Management**. v. 83, p. 39-46, 1996.

FITZPATRICK-LEWIS, D., CILISKA, D., THOMAS, H. The Methods for the Synthesis of Studies without Control Groups. Hamilton, ON: **National Collaborating Centre for Methods and Tools**, 2009. 56 p.

FONSECA, C.E.L.; BUENO, D.M.; SPERÂNDIO, J.P. Comportamento do Jacarandá da Bahia aos cinco anos de idade, em quatro diferentes espaçamentos em Manaus – AM. **Revista Árvore**. v.14, n.2, p.78-84, 1990.

FORRESTER, D.I., MEDHURST, J.L., WOOD, M., BEADLE, C.L., VALENCIA, J.C. Growth and physiological responses to silviculture for producing solid-wood products from Eucalyptus plantations: an Australian perspective. **Forest Ecology and Management**. v. 259, p. 1819–1835, 2010.

GOMES, A. M. A. **Medição dos arvoredos**. Lisboa: Livraria Sá da Costa, 1957. 413p.

HOFFMANN, R. G. et al. Caracterização dendrométrica de plantios de Paricá (Schizolobium amazonicum Huber ex. Ducke) na região de Paragominas, PA, **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.4, p.675-684, 2011.

Hooper, E.; Condit, R.; Legendre, P. 2002. Responses of 20 native tree species to reforestation strategies for abandoned farmland in Panama. **Ecological Application** 12: 1626–1641.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **IBGE**. Manual técnico da vegetação brasileira. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. 274p.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL – **INCAPER**. Caracterização climática dos municípios. Disponível em: http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=carac>. Acesso em: 18 mar. 2015.

LADEIRA, B.C.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; BARROS, N.F. Produção de biomassa de eucalipto sob três espaçamentos em uma seqüência de idade. **Revista Árvore**, v.25, n.1, p.69-78, 2001.

LAMPRECHT, H. Silvicultura nos tropicos: ecossistemas florestais e respectivas especies arboreas - possibilidades e metodos de aproveitamento sustentado. **Eschborn: GTZ**, 1990. 343p.

LEITE, Helio Garcia; ANDRADE, Valdir Carlos Lima de. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 321-328, May 2002.

LELES, P. S. S.; REIS, G.G.; REIS, N.G.F.; MORAIS, E.J. Relações hídricas e crescimento de árvores de Eucalyptus camaldulensis e Eucalyptus pellita sob diferentes espaçamentos na região de cerrado. **Revista Árvore**, v. 22, n. 1, p. 41-50, 1998.

LIMA, S.; MARIMON JUNIOR, B. H.; MELO-SANTOS, K. S.; REIS, S. M.; PETTER, F. A.; VILAR, C. C.; MARIMON, B. S. Biochar no manejo de nitrogênio e fósforo para a produção de mudas de angico. **Pesquisa Agropecuária Brasília**, Brasília, v.51, n.2, p.120-131, 2016.

LISBAO JUNIOR, L. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4., 1981, Curitiba. Bracatinga uma alternativa para reflorestamento: anais. Curitiba: **EMBRAPA-URPFCS**, 1981. p. 133-143.

LORENZI, H. Árvores brasileiras. Nova Odessa: Plantarum, 2000. v. 1. 352p.

LORENZI, H. Árvores brasileiras. Nova Odessa: Plantarum, 2009. v. 2. 384p.

MACHADO, S. A. e FIGUEIREDO FILHO. A Dendrometria. Curitiba, 2003.

MACHADO, S. A.; ACCIOLY, Y.; NASCIMENTO, R. G. M.; SILVA, L. C. R.; CARDOZO, C. C. Influência do comprimento de copa na relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia*. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 35, n. 83, p. 343-351, 2015.

MACHADO, S. A.; ACCIOLY, Y.; NASCIMENTO, R. G. M.; SILVA, L. C. R.; CARDOZO, C. C. Influência do comprimento de copa na relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia*. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 35, n. 83, p. 343-351, 2015.

MACHADO, S. A.; BAILEY, R. L.; BASSO, S. F.; JUNIOR, V. G. B. Análise do comportamento da relação hipsométrica com respeito à idade para plantações de Pinus elliotti no Estado do Paraná. **CERNE**, v.1, n.1, p.05-12, 1994.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, **A Dendrometria**. 2^a ed. Guarapuava: UNICENTRO, 2009. 316 p.

- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: **Academic Press**, 1995. 889 p.
- MIGUEL, E. P. Avaliação biométrica e prognose da produção de Eucalyptus urophylla (S.T. Blake) na região norte do estado de Goiás. Curitiba: UFPR. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, p. 161, 2009.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELLO, W. J. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. (Ed). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: **Embrapa Solos**, p. 171-223, 1999.
- NASCIMENTO, D. F. do et al. Initial growth of six forest tree species in differents spacing conditions. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 159–165, 2012.
- NASCIMENTO, D. F.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; MOREIRA, R. T. S.; ALONSO, J. M. Initial growth of six forest tree species in differents spacing conditions. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 159–165, 2012.
- Nichols, J.D.; Rosemeyer, M.E.; Carpenter, F.L.; Kettler, J. 2001. Intercropping legume trees with native timber trees rapidly restores cover to eroded tropical pasture without fertilization. **Forest Ecology and Management 152**: 195–209.
- NICODEMO, M. L. F.; MULLER, M. D.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; CARPANEZZI, A. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; BARIONI JÚNIOR, W. Growth of native trees in two agroforestry systems. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.40, n.4, p.639-648, 2016.
- NUNES, Y. R. F.; FAGUNDES, N. C. A.; VELOSO, M. D. M.; GONZAGA, A. P. D.; DOMINGUES, E. B. S.; ALMEIDA, H. S.; CASTRO, G. C.; SANTOS, R. M. Sobrevivência e crescimento de sete espécies arbóreas nativas em uma área degradada de Floresta Estacional Decidual, Norte de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.5, p.801-810, 2015.
- NUTTO, L.; TONINI. H.; BORSOI, G. A.; MOSKOVICH, F. A.; SPATHELF, P. **Utilização dos parâmetros da copa para avaliar o espaço vital em povoamentos de** *Pinus elliottii* **Engelm**. (Boletim de Pesquisa Florestal), Colombo, n.42, p.123-138, jan. 2001.
- OLIVEIRA, M. L. R. et al. Equações de volume de povoamento para fragmentos florestais naturais do município de Viçosa, Minas Gerais. Viçosa-MG, **Revista árvore**, v.29, n.2, p.213-225, 2005.
- OLIVEIRA, T.K. de; MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E.M.; Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p.1-9, 2009.
- OLIVEIRA, T.K. de; MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E.M.; Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p.1-9, 2009.

- PADOIN, V.; FINGER, C. A. G. Relações entre as dimensões da copa e a altura das árvores dominantes em povoamentos de *Pinus taeda* L. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, 2010.
- PADOIN, V.; FINGER, C. A. G. Relações entre as dimensões da copa e a altura das árvores dominantes em povoamentos de Pinus taeda L. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, 2010.
- PARK, A.; VAN BREUGEL, M.; ASHTON, M.S.; WISHNIE, M.; MARISCAL, E.; DEAGO, J.; IBARRA, D.; CEDENO, N.; HALL, J.S. 2010. Local and regional environmental variation influences the growth of tropical trees in selection trials in the Republic of Panama. **Forest Ecology and Management 260**: 12–21.
- RAMOS, M. B. P.; VARELA, V. P.; MELO, M. DE F. F. Influência da temperatura e da água sobre a germinação de sementes de Paricá (*Schizolobium amazonicum* HUBER EX DUCKE LEGUMINOSAE-CAESALPINIOIDEAE). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 163–168, 2006.
- ROMAN, M.; BRESSAN, D. A.; DURLO, M. A. Variáveis morfométricas e relações interdimensionais para Cordia trichotoma (Vell.) Arráb. ex Steud. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 473-480, jul./set. 2009. Nota Técnica.
- RONDON, E. V. Produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke sob differentes espaçamentos na região de mata. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 573–576, 2002.
- ROSA, L. DOS S. Características botânicas, anatômicas e tecnológicas do Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huberr ex Ducke). **Revista Ciências Agrárias**, n. 46, p. 63–79, 2006.
- ROSSA, Ü. B.; ANGELO, A. C.; WESTPHALEN, D. J.; OLIVEIRA, F. E. M.; SILVA, F. F.; ARAUJO, J. C. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Anadenanthera peregrina* (I.) speg. (angico-vermelho) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-vermelha). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 841-852, 2015.
- SANQUETTA, C. R. et al. Inventários Florestais: planejamento e execução. 2ª Edição **Revista e Ampliada**. Curitiba, 2009.
- SANQUETTA, C. R. et al. Inventários Florestais: planejamento e execução. 2ª Edição **Revista e Ampliada**. Curitiba, 2009.
- SANQUETTA, C. R.; MOURA, A. L.; BORSATO, R.; VIDAL, M.A.S.; PEIXOTO, A. M.; CHIARANDA, R. Efeito do espaçamento de plantio em reflorestamentos II. *Pinus taeda* L. em Jaguariaíva-PR. **Revista Acadêmica**: ciências agrárias e ambientais, Curitiba, v.1, n.1, p. 55-61, jan./mar. 2003.
- SANTANA, R. C. et al. Implantação, manutenção e produtividade dos povoamentos. In: VALE, A. B. **Eucaliptocultura no Brasil: Silvicultura, Manejo e Ambiência**. Viçosa: SIF, 2013. p. 161-186.

- SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; BRESSAN, O. A.; SANTOS, K. G. Composto de lodo de esgoto para a produção de mudas de *Anadenanthera columbrina* (Vell.) Brenan. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 613-621, 2012.
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. Introdução ao Manejo Florestal. 2ª ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008. 566 p.
- SCOLFORO, J. R. S. e MELLO, J. M. **Inventário Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE. 561p. 2006.
- SCOLFORO, J. R. S. **Manejo Florestal**. Universidade Federal de Lavras / Fundação de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão. Lavras, 1997. 433 p.
- SEREGHETTI, G. C. et al. Efeito do espaçamento no crescimento e na densidade básica da madeira de *Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis* em florestas de ciclo curto. **Revista energia na agricultura**, v. 30, n. 3, p. 257–262, 2015.
- SHIMIZU, E. S. C. et al. Plântulas de *Schizolobium amazonicum* em resposta à escarificação of *Schizolobium amazonicum* in response to sandpaper and hot. **Revista Árvore**, v. 35, n. 4, p. 791–800, 2011.
- Siddique, I.; Engel, V.L.; Parrota, J.A.; Lamb, D.; Nardoto, G.B.; Ometto, J.P.H.B.; Martinelli, L.A.; Schimidt, S. 2008. Dominance of legume trees alters nutrient relations in mixed species forest restoration plantings within seven years. **Biogeochemistry 88**: 89-101.
- SILVA, A. K. L. et al. Litter dynamics and fine root production in *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* plantations and regrowth forest in Eastern Amazon. **Plant and Soil**, v. 347, n. 1, p. 377–386, 2011.
- SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Meteorologia e climatologia florestal**, Curitiba, PR: 2004, 195p.
- SOUZA, P. H. Biomassa e estoque de carbono em povoamento de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, 2018.
- SOUZA, P. H. Biomassa e estoque de carbono em povoamentos de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg sob diferentes espaçamentos. Tese (doutorado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. 2018. 94 f.: il.
- SOUSA, V. G. de; BRIENZA JUNIOR, S.; BARBOSA, M. G.; MARTORANO, L. G.; SILVA, V. C. Taxi-branco (*Tachigali vulgari*s L.F. Gomes da Silva & H.C. Lima): botânica, ecologia e silvicultura. Belém, PA: **Embrapa Amazônia Oriental**, 2016. 37 p.
- TEIXEIRA, B. M. dos R.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. de C.; LUCIA, R. M. D. Variabilidade radial e longitudinal das propriedades físicas e anatômicas da

- madeira de angico-vermelho. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 100, p. 485-496, 2013.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2.ed., Porto Alegre: UFRGS, 1995. (Boletim Técnico, 5).
- TILKI, F.; FISHER, R.F. 1998. Tropical leguminous species for acid soil: studies on plant form and growth in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, 108: 175-192.
- TONINI, H.; SCHWENGBER, D. R.; MORALES, M. M.; OLIVEIRA, J. M. F. de. Crescimento e qualidade energética da madeira de *Tachigali vulgaris* sob diferentes espaçamentos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 38, 2018. 8 p.
- TREVISAN, R.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; SCHNEIDER, P. R.; MENEZES, L. F. Efeito da intensidade de desbaste nas características dendrométricas e tecnológicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 377-387, 2007.
- TRIANOSKI, R.; MATOS, J. L. M.; IWAKIRI, S.; PRATA, J. G. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de espécies de pinus tropicais. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 503 510, 2013.
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: **IBGE**, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991, 124 p.
- VIEIRA, T. A. et al. Sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares em Igarapé-Açu, Pará: caracterização florística, implantação e manejo. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 4, p. 549–558, 2007.
- WEBER, K.S. Manejo Da Bracatinga (Mimosa scabrella Benth.) baseado no crescimento diamétrico de árvores individuais. Curitiba, 2007. 141p. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal do Paraná.
- WISHNIE, M.H.; DENT, D.H.; MARISCAL, E.; DEAGO, J.; CEDENNO, N.; IBARRA, D.; CONDIT, R.; ASHTON, P.M.S. 2007. Initial performance and reforestation potential of 24 tropical tree species planted across a precipitation gradient in the Republic of Panama. **Forest Ecology and Management** 243: 39–49.
- WITSCHORECK, R.; SCHUMACHER, M.V. Teor e alocação de nutrientes em plantio de *Platanus x acerifolia* (aiton) willd. em Dom Feliciano RS. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 4, p. 667-678, 2013.
- ZOBEL, B. J.; VAN WIK, G.; STAHL, P. **Growing exotic forests**. A Wiley Interscience Publication, Jonh Wiley and Sons, NY, USA. 508 p. 1987.