

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS DOIS VIZINHOS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

GIAN RICARDO CONRADO QUADROS

**PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE *Luehea divaricata* Mart. E *Jacaranda micrantha*
Cham. EM PLANTIO PURO.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS

2019

GIAN RICARDO CONRADO QUADROS

PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE *Luehea divaricata* Mart. E *Jacaranda micrantha*
Cham. EM PLANTIO PURO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Eleandro José Brum

DOIS VIZINHOS

2019

TERMO DE APROVAÇÃO

PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE *Luehea divaricata* Mart. E *Jacaranda micrantha*
Cham. em PLANTIO PURO.

por

GIAN RICARDO CONRADO QUADROS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 20 de Novembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Eleandro José Brun
Orientador

Prof. Dr. Edgar De Souza Vismara
Membro titular (UTFPR)

Prof. Dr. Marcos Aurélio Mathias De Souza
Membro titular (UTFPR)

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico esse trabalho ao meu avô paterno, “*in memoriam*”, Augusto Conrado, a quem se faz presente nesse momento em nossas memórias.

Dedico esse trabalho a minha amada filha, Manuela Aparecida Febraio Quadros, e a minha maravilhosa esposa e companheira, Ana Márcia Febraio, por todo amor.

“ME QUEIRA BEM, POIS ISSO NÃO
LHE CUSTA NADA”
AUGUSTO CONRADO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida pelas bênçãos e direção nos momentos de maior escuridão e dificuldades.

A meus pais Gildo Camargo Quadros e Maria Solange Aparecida Quadros pelo apoio incondicional durante toda a minha vida, ao amor e compreensão, a dor da saudade de estarmos longes será compensada pelas conquistas vindouras. Obrigado por todos os ensinamentos e exemplos de vida.

A minha melhor amiga e companheira Ana Márcia de Oliveira Febraio, minha esposa, por todo amor, apoio, dedicação e cuidado, e por ter iluminado nossas vidas com nossa princesa Manuela Aparecida Febraio Quadros, o fruto mais lindo do nosso amor.

As minhas avós Alvina Mária Camargo dos Santos e Bernadete Sedorko Conrado por estarem sempre presentes na minha vida e por todos os ensinamentos e exemplos de vida, determinação e conquistas.

Ao orientador Prof. Dr. Eleandro José Brun por toda atenção, paciência, dedicação, pro-atividade e oportunidades durante todo o período que atuamos em conjunto. Agradeço pela oportunidade de estar preparado para atuação na profissão que tanto abrilhanta e luta a anos, espero que o tempo e a vida nos tragam mais oportunidades de nos encontrarmos na atividade profissional.

Aos membros do Grupo de Pesquisa em Silvicultura e Sistemas Integrados de Produção, em especial ao Marcos Eduardo da Silva Santos, pelo apoio na execução do trabalho.

Aos irmãos que a graduação me deu, por todos os momentos vividos e experiências trocadas, de forma que hoje sou muito parte de vocês, em especial a Edriano Alexandre de Souza, Guilherme Augusto dos Santos, Lucas Ramon Gorgulho, Lucas Franz Thiel, Matheus Plucinski Nardi, Murillo Cardoso Pereira dos Santos, Renan Henrique de Oliveira Bazanella, Thiago Evandro Gonçalves, Valdir Ponciano, Valfrides Felix Ponciano Jr.

QUADROS, GIAN RICARDO CONRADO. **Produção de biomassa de *Luehea divaricata* Mart. e *Jacaranda micrantha* Cham. em plantio puro.** 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2019.

RESUMO

Os estudos sobre os aspectos produtivos de espécies florestais nativas é de suma importância para a valorização e proteção dessas espécies. Porém o Brasil apresenta uma defasagem de informações com relação a aspectos produtivos de nativas, com isso o seu potencial produtivo acaba sendo subestimado. Por meio desse estudo objetivou-se mensuração de biomassa de (*Luehea divaricata* Mart.) e (*Jacaranda micrantha* Cham) pela metodologia destrutiva (abate dos indivíduos) em um plantio puro, e uso de modelos matemáticos para estimar biomassa. O potencial de produção de biomassa das espécies e aspectos culturais relacionados ao seu desenvolvimento em sistemas de plantio puro. *Luehea divaricata* Mart., obteve maiores valores de biomassa acumulada $49,75 \text{ ton.ha}^{-1}$ em comparação com *Jacaranda micrantha* Cham. que apresentou $16,27 \text{ ton.ha}^{-1}$. Os modelos de Schumacher-Hall e Husch foram os que apresentaram valores mais satisfatórios, variando entre 0,66 a 0,92 para coeficiente de determinação ajustado e erros padrões percentuais da média $< 20 \%$.

Palavras-chave: nativas, produção, biomassa, modelos matemáticos.

QUADROS, GIAN RICARDO CONRADO. **Biomass production of *Luehea divaricata* Mart. and *Jacaranda micrantha* Cham. in pure planting.** 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná. Dois Vizinhos, 2019.

ABSTRACT

Studies on the productive aspects of native forest species are of paramount importance for the appreciation and protection of these species. However, Brazil presents a mismatch of information regarding the productive aspects of natives, thus its productive potential ends up being underestimated. This study aimed to measure the biomass of (*Luehea divaricata* Mart.) and (*Jacaranda micrantha* Cham) by the destructive methodology (tree cutting) in a pure planting, and the use of mathematical models to estimate biomass. The potential of biomass production of species and cultural aspects related to their development in pure planting systems. *Luehea divaricata* Mart obtained higher values of accumulated biomass 49,75 ton.ha⁻¹ comparing to *Jacaranda micrantha* Cham that presented 16,27 ton.ha⁻¹. The Schumacher-Hall and Husch models presented the most satisfactory values, ranging from 0.66 to 0.92 for adjusted determination coefficient and mean percent standard errors <20%.

Keywords: native, production, biomass, mathematic models.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Açoita cavalo.	15
Figura 2- Caroba.	16
Figura 3- Croqui de implantação do plantio puro de espécies florestais nativas.	20
Figura 4- Inventário florestal realizado no mês de Outubro de 2018.	21
Figura 5- Seccionamento de fuste e retirada de disco a 5% da altura total do fuste.	22
Figura 6- Abate e separação do indivíduo entre copa e fuste.	23
Figura 7- Pesagem a campo das frações; folhas, galhos e tronco.	24
Figura 8- Amostras dispostas em embalagens de papel e processo de pesagem e secagem das amostras de cada fração em laboratório.	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Modelos matemáticos selecionados para teste.	26
Tabela 2- Variáveis dendrométricas de <i>Luehea divaricata</i> Mart. levantadas a campo através de inventário florestal.	28
Tabela 3- Variáveis dendrométricas de <i>Jacaranda micrantha</i> Cham. levantadas a campo através de inventário florestal.	28
Tabela 4- Análise das correlações entre as variáveis dendrométricas mensuradas e as frações da biomassa através do teste de correlação de Pearson.	29
Tabela 5- Avaliação da normalidade dos dados de biomassa por fração obtidos pelo método destrutivo de <i>Luehea divaricata</i> Mart e <i>Jacaranda micrantha</i> Cham..	30
Tabela 6- Estatística dos modelos ajustados para estimativa de biomassa da fração folhas para <i>Luehea divaricata</i> Mart e <i>Jacaranda micrantha</i> Cham..	31
Tabela 7- Estatística dos modelos ajustados para estimativa de biomassa da fração galhos para <i>Luehea divaricata</i> Mart e <i>Jacaranda micrantha</i> Cham..	32
Tabela 8- Estatística dos modelos ajustados para estimativa de biomassa da fração madeira para <i>Luehea divaricata</i> Mart e <i>Jacaranda micrantha</i> Cham..	33
Tabela 9- Estatística dos modelos ajustados para estimativa de biomassa da fração casca para <i>Luehea divaricata</i> Mart e <i>Jacaranda micrantha</i> Cham..	34
Tabela 10- Estatística dos modelos ajustados para estimativa de biomassa total para <i>Luehea divaricata</i> Mart e <i>Jacaranda micrantha</i> Cham..	35
Tabela 11- Cronograma de atividades.	Erro! Indicador não definido.
Tabela 12: Cronograma Orçamentário.	Erro! Indicador não definido.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo Geral	13
2.2. Objetivos Específicos	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1. Produção florestal com espécies nativas	14
3.2. Caracterização das espécies	15
3.2.1. Açoita-cavalo (<i>Luehea divaricata</i> Mart.)	15
3.2.2. Caroba (<i>Jacaranda micrantha</i> Cham)	16
3.3. Crescimento de espécies lenhosas	17
3.4. Biomassa	17
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1. Área de Estudo	19
4.2. Inventário florestal	20
4.3. Cubagem rigorosa	21
4.4. Determinação da biomassa de <i>Luehea divaricata</i> Mart. e <i>Jacaranda micrantha</i> Cham. em plantio puro.	22
4.5. Avaliação de modelos matemáticos para estimativas de biomassa de <i>Luehea divaricata</i> Mart. E <i>Jacaranda micrantha</i> Cham. em um plantio puro.	26
4.6. Análise Estatística	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6. CONCLUSÃO	36
7. CRONOGRAMA	Erro! Indicador não definido.
8. ORÇAMENTO	Erro! Indicador não definido.
9. REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem hoje em seu território uma área ocupada por plantios florestais de cerca de 7,84 milhões de hectares, sendo as florestas plantadas diretamente responsáveis do fornecimento de mais 91% da madeira para fim industrial, e o setor corresponde com 6,2% do PIB Industrial no Brasil. Os demais, 9%, são oriundos do manejo legal de florestas nativas (IBÁ, 2019).

A diversidade ecológica da flora brasileira é uma das mais vastas do mundo, devido a infinidade de espécies, tendo cada uma delas características singulares, que podem apresentar diversas finalidades produtivas. Levando-se em consideração a vasta extensão territorial do nosso país, existe potencial significativo para aliar a produção de bens e a preservação das espécies componentes da flora e fauna nativa do país.

No Brasil os estudos de espécies arbóreas nativas ainda se encontram pouco desenvolvidos, o que existe em maior número para espécies exóticas. Nesse sentido, é necessário adquirir conhecimentos sobre as características de crescimento e a finalidade do uso de espécies arbóreas nativas, pois sua produção garante não apenas uma nova fonte de renda aos produtores, como também garante sua perpetuação e manutenção.

O uso de espécies florestais nativas em plantios puros pode representar uma importante forma de produção de produtos florestais. Uma barreira encontrada nesse sentido é o desinteresse no cultivo dessas espécies, sendo a falta de informação, relativa aos seus aspectos culturais como; ecologia da espécie, aspectos silviculturas e biométricos. A escolha da espécie não deve levar em conta apenas as características de aptidão do sítio, mas também das características de crescimento e produtividade da espécie (SCOLFORO, 1998; LAMPRECHT, 2000, TONINI et al., 2005).

Além das funções produtivas, os plantios homogêneos de espécies nativas agem como prestadores de serviços ambientais, pois evitam o desmatamento de fragmentos naturais, assim resguardando a biodiversidade, além também de colaborarem para a redução de emissões de gases para o efeito estufa, pois são estoques de naturais de carbono, e por fim trata-se de uma fonte de energia renovável o que é fundamental nos dias atuais para geração de bens de maneira sustentável. Tendo em vista que os GEE (Gases de Efeito Estufa) tem desencadeado alterações climáticas que acarretam o aquecimento global, os 7,8 milhões de hectares de florestas plantadas absorvem 1,7 bilhão de toneladas de CO₂ (Dióxido de Carbono) da atmosfera (SLADE *et al.*, 2016, IBÁ, 2019).

No Estado do Paraná, entre as espécies nativas que apresentam potencial para produção madeireira pode-se destacar o Açoita cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) e a Caroba (*Jacaranda micrantha* Cham). Essas espécies destacam-se pela adaptabilidade as condições ambientais da região. Apresentam ainda, rápido crescimento e a madeira produzida tem finalidades como; a geração de energia e uso na indústria moveleira (CARVALHO, 2008).

A estimativa do potencial madeireiro de uma espécie é dado com base no volume de madeira produzido ou na biomassa obtida, e a utilização de aferições com relação ao peso de produtos de origem florestal tornou necessária a estimativa de peso para árvores em pé, sendo a partir dos anos 60 estudos nesse contexto iniciados (HUSCH *et al.*, 2002, FRAGA *et al.*, 2014). A biomassa está diretamente relacionada a questões inerentes ao manejo florestal, onde por meio de inventários se obtém um panorama sobre os estoques de recursos naturais, além disso a biomassa serve de base para uma estimativa de armazenamento de carbono dos componentes arbóreos; e sua liberação, seja através da respiração, queimadas ou decomposição da biomassa (URBANO, 2008).

No que tange as nativas, esses dados se encontram disponíveis a um número restrito de espécies, o que torna a realização de estudos nesse sentido, fundamental para atratividade do seu cultivo. Diversas espécies nativas já são conhecidas e bem vistas por produtores, o que gera popularização de atividades de cunho florestal em propriedades agrícolas. Porém sua implantação e condução tem sido dificultosos pelo déficit técnico atual, onde os produtores esbarram em problemas relacionados ao crescimento e métodos silviculturais adequados (CARVALHO, 1994).

Na região Sudoeste do estado do Paraná há uma demanda de biomassa para fins energéticos devido a intensa atividade de produção avícola, sendo assim os produtores necessitam de uma oferta permanente de biomassa energética na região.

Para reduzir a pressão sobre o corte ilegal de espécies nativas é importante uma maior atenção ao potencial produtivo e aspectos culturais de espécies nativas em plantios puros. Além de assegurar a perpetuação, o plantio dessas espécies pode contribuir para o melhoramento das mesmas com intuito de satisfazer diferentes finalidades, com isso este estudo tem como objetivo a quantificação de biomassa e o uso de modelos preditivos para a estimativa de biomassa aérea.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o crescimento e produção de biomassa de plantios puros das espécies *Luehea divaricata* Mart. e *Jacaranda micrantha* Cham.

2.2. Objetivos Específicos

- Quantificar a produção de biomassa em plantios puros de *Luehea divaricata* Mart. e *Jacaranda micrantha* Cham, aos sete anos de idade.
- Uso de modelos preditivos para estimar a biomassa em plantios puros de *Luehea divaricata* Mart. e *Jacaranda micrantha* Cham, aos sete anos de idade.
- Avaliar o potencial de cultivo das espécies em plantio puro.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Produção florestal com espécies nativas

A exploração de espécies florestais nativas no sul do Brasil teve como característica a exaustão da supressão da sua cobertura vegetal original, sem qualquer tipo de seleção de indivíduos ou compensação ambiental, como replantios. Sendo assim coube à regeneração natural à garantia da existência de fragmentos de vegetação nativa, isso em casos onde não houve a ocupação de seu território para atividades como lavoura e pecuária (LAZARETTI et. al., 2016).

Nos dias atuais, a pressão econômica eleva a concorrência por áreas de plantio sejam eles florestais ou agrícolas, isto é as espécies nativas correm riscos mais sérios de serem isoladas e suprimidas. Com isso o plantio de espécies nativas pode contribuir diretamente para geração de renda e garantir a sobrevivência das mesmas.

A regeneração artificial de espécies nativas, em uma escala que atenda a demanda comercial, principalmente destinada a processamento mecânico, ainda se limita a defasagem de informações que tangem ao comportamento das espécies e aspectos de cultivo (CARVALHO, 1994). De maneira geral, todas as informações que virem a ser obtidas sobre aspectos culturais das espécies nativas são de suma importância para o desenvolvimento de uma cadeia produtiva onde a espécie nativa seja mais valorizada, e que garanta a perpetuação das mesmas a dias vindouros.

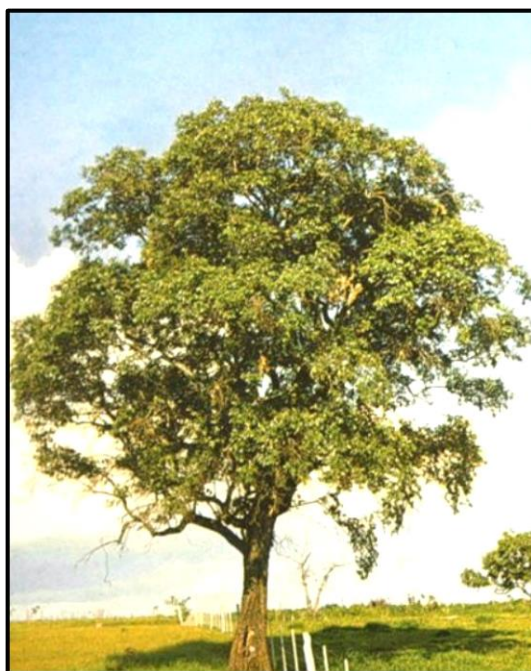
A abordagem de características de fragmentos remanescentes de espécies florestais nativas, principalmente com relação a interações com seu banco genético é primordial para encontrar saídas para atender o abastecimento de produtos básicos para humanidade (LAZARETTI et al., 2016). Com isso podemos selecionar melhores matrizes que atendam às exigências da cadeia produtiva, bem como definir as melhores técnicas silviculturais para garantir sucesso em plantios, sejam eles plantios puros ou sistemas integrados de produção.

3.2. Caracterização das espécies

3.2.1. Açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.)

A *Luehea divaricata* Mart. (Açoita-cavalo), é uma espécie da família Tilaceae, cuja ocorrência natural se dá nos seguintes biomas; Floresta Ombrófila Densa Atlântica, Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecidual (CARVALHO, 2008). Dentre espécies desta família, destaca-se *Luehea divaricata* Mart.. Sua ocorrência abrange desde o Sul da Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul até o Rio Grande do Sul. Sua madeira é utilizada para confecção de

Figura 1- Açoita cavalo.



Fonte: LOPES (2007).

O Açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) é um arbusto ou árvore semidecídua pertencente à família Tilaceae. Os maiores indivíduos da espécie podem chegar a 50 cm de DAP (diâmetro à altura do peito). Em sua maturidade, seu tronco apresenta um alto grau de tortuosidade e seu fuste pode medir até 5 m de comprimento. Apresenta ramificação dicotômica formando ramos laxos, revestidos com córtex escurecido (LORENZI, 1998).

O Açoita-cavalo apresenta crescimento lento que varia em função da qualidade de sítio e tratos silviculturais, onde na cidade de Rolândia-Pr seu incremento médio anual

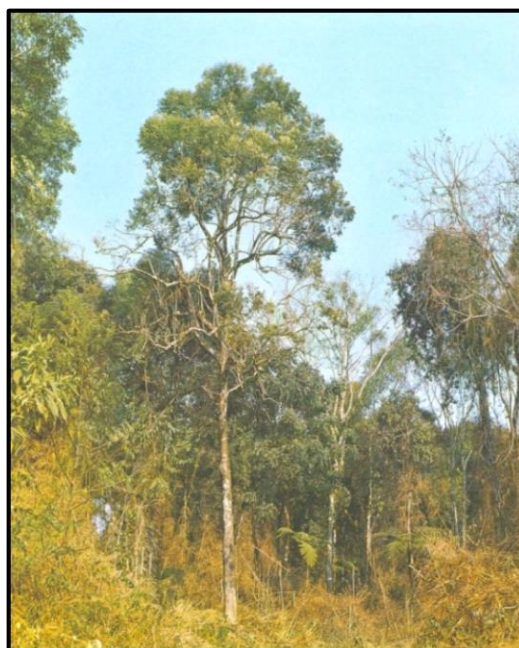
foi de $5,95 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, disposta em um espaçamento de $3 \times 2,5 \text{ m}$ aos 8 anos na cidade e com espaçamento (CARVALHO, 2008).

Ainda segundo o autor citado acima a *Luehea divaricata* Mart. trata-se de uma espécie heliofita, que apresenta resistência ao frio. Uma característica dessa espécie é a ramificação intensa e formação de multitrancos ou touceiras, não possuiu desrama natural, exigindo assim intensas podas para uma condução de um único fuste. Devido ao engalhamento precoce dos indivíduos deve-se optar por plantios mistos e sistemas agroflorestais e evitar plantios puros a pleno sol, e pode ser boa opção em plantios destinados a regeneração de áreas degradadas.

3.2.2. Caroba (*Jacaranda micrantha* Cham)

A caroba (*Jacaranda micrantha* Cham;), família Bignoniaceae, é uma espécie caducifólia, sendo classificada como uma espécie secundária inicial (CARVALHO, 2008). A madeira da espécie é utilizada para estrutura de móveis, marcenaria, carpintaria, instrumentos musicais e usualmente em forros internos (LORENZI, 1998).

Figura 2- Caroba.



Fonte: LOPES (2015)

Pode alcançar uma altura de 25 m de altura e 60 cm de DAP quando atinge sua maturidade. Possui o tronco geralmente tortuoso e a copa alargada, com ramos grossos e tortuosos (CARVALHO, 2008).

É uma planta que de maneira geral apresenta pouca frequência, onde também pode se estabelecer na sucessão primária em estados mais desenvolvidos. É encontrada de forma natural no nordeste da Argentina, no leste do Paraguai e no Brasil, nos estados de Goiás, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e na região Sul (LORENZI, 1998).

3.3. Crescimento de espécies lenhosas

Para o crescimento de espécies florestais, ou seja, plantas lenhosas, alguns requisitos são necessários, como o fornecimento de carboidratos, nitrogênio entre outros elementos minerais, além desse requisito deve haver água disponível a fim de conservar o turgor celular nos tecidos meristemáticos e seus derivados, além de reguladores hormonais de crescimento que atuam facilitando a integração fisiológica da planta (PALLARDY, 1997).

Por sequência os carboidratos são translocados até regiões meristemáticas onde serão sintetizados em celulose, lignina, pectinas e lipídios na célula e em suas paredes, já os aminoácidos e aminas são incorporados nas estruturas de proteínas e enzimas do novo tecido (PALLARDY, 1997, APEZZATO-DA-GLÓRIA, 2012).

No período de desenvolvimento de uma espécie lenhosa, o crescimento da gema apical bloqueia o desenvolvimento de gemas laterais devido ao fluxo de auxina abaixo do tronco, sendo assim, tornando se uma gema dormente. A partir do momento em que há o abate do indivíduo, é restringido o fluxo de auxina no tronco e as gemas começam a se desenvolver (FAO, 1981 *apud*. MEYER, 2015). As brotações são advindas de gemas dormentes situadas no interior do súber, ou então de gemas originadas pela diferenciação cambial, que ocorrem nas periferias das superfícies expostas por um ferimento ou corte na árvore (SMITH et al., 1997 *apud*. MEYER, 2015).

3.4. Biomassa

Por definição podemos tratar a biomassa como qualquer material vegetal que tenha um período de ciclo de produção inferior a 100 anos. Podem ser classificados como biomassa qualquer material de origem florestal ou gerados pela agricultura (PROBSTEIN et al., 1982, FONSECA, 2009). Pode ser definida também como uma fonte natural de

energia, advinda do processo de fotossíntese pela fixação de carbono na constituição das plantas através da absorção de energia solar, esse carbono fixo gera energia em forma de calor quando incinerado (USHIMA, 2003, DUARTE, 2009).

A produção de biomassa está ligada aos fatores inerentes ao processo de fotossíntese e respiração vegetal, sendo os principais fatores ligados a interações climáticas como; luminosidade, umidade, temperatura, concentração atmosférica de CO₂, fertilidade do solo, fatores culturais como; espaçamento, preparo do solo, regime de desrama e desbaste, uso de fungicidas, inseticidas e incidência de doenças e por fim fatores internos como; idade, estrutura e disposição das folhas, comportamento dos estômatos, teor de clorofila e acumulação de hidratos de carbono (KRAMER & KOZLOWSKI, 1960).

A biomassa pode ser obtida através de métodos diretos e indiretos, nos diretos, onde há a determinação do peso, que consistem no abate do indivíduo e pesagem dos seus componentes (folhas, galhos e fuste) separadamente, secagem e posterior pesagem, e não são viáveis para grandes áreas de plantio, os métodos diretos se diferem entre a medição de peso de um árvore individual, onde há a determinação direta do indivíduo em questão, e a medição de parcelas, onde toda a biomassa ali contida deve ser determinada por meio da pesagem de seus componentes (WATZLAWICK, 2003, SANQUETTA, 2004). Já os métodos indiretos, onde se geram estimativas, a estimativa de biomassa se dá por modelos preditivos ou alométricos com base em dados obtidos previamente em inventários florestais, utilizando a relação entre variáveis como DAP, altura, diâmetro de copa, dentre outras, sendo assim se obtém uma estimativa indireta sobre o estoque de biomassa (HOSOKAWA, 2003, TEIXEIRA, 2003, SANQUETTA; BALBINOT, 2004).

A importância da determinação ou da estimativa de biomassa é vantajosa em determinados seguimentos do mercado madeireiro, principalmente naqueles em que há a necessidade de compreender a atividade biológica do ecossistema e pela praticidade existente em título de comparação e cálculos (PARDÉ, 1980). A biomassa está relacionada com diversas variáveis dos indivíduos arbóreos, como DAP e altura, sendo assim a utilização de modelos preditivos é usual para a estimativa de biomassa, tendo em vista a variação do teor de umidade singular para cada espécie, deve-se optar pela massa seca como variável dependente dentro da regressão, pois confere um fator comparativo entre espécies e dentro de uma mesma espécie (CAMPOS et al., 1992).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de Estudo

O estudo foi realizado no município de Dois Vizinhos-Paraná, em área experimental localizada nas coordenadas geográficas: 25°45'00" de latitude Sul, 53°03'25" de longitude Oeste e altitude média de 509 metros.

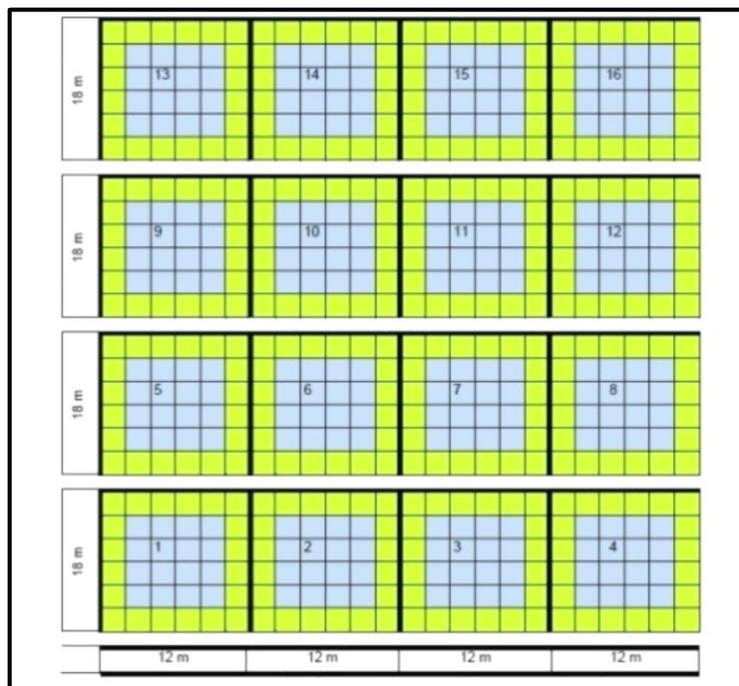
A área experimental foi instalada em 2011 em uma propriedade particular na Linha São Luiz, a cerca de 3,3 km de distância, em linha reta, da sede da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Campus Dois Vizinhos, sendo usada para estudos do Grupo de Pesquisa em Silvicultura e Sistemas Integrados de Produção (GPSIS) da UTFPR.

Na área de estudo o solo é classificado como Nitossolo Vermelho Distroférrico, apresenta coloração avermelhada podendo ser arroxeadas, nitossolos são derivados de rochas de origem basálticas, caracteriza-se por apresentar B textural com presença de aglomerados, solos dessa classe apresentam em sua constituição teores de ferro e óxidos superiores a 15% (SILVA et al., 2009).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, sendo subtropical úmido mesotérmico com verão quente, sem estação seca definida, precipitação média mensal maior que 40mm, temperaturas mínimas médias de -3 a 18°C, sendo frequentes as geadas, com os meses mais quentes atingindo temperaturas superior a 23°C, (ALVARES et al., 2014).

A área útil do experimento é de 3456 m² e estão implantadas 16 espécies florestais nativas subdivididas em talhões retangulares de 18 m x 12 m conforme Figura 3. Anteriormente à instalação do estudo, a área era utilizada para cultivo de culturas anuais em sistema convencional, encontrando-se, à época, com vários indícios de degradação do solo, principalmente em função da erosão hídrica.

Figura 3- Croqui de implantação do plantio puro de espécies florestais nativas.



Onde: 1 – Ipê-amarelo; 2 – Angico-vermelho; 3–Açoita-cavalo; 4 – Guajuvira; 5 – Canjerana; 6 – Grápia; 7 – Cabreúva; 8 – Caroba; 9 – Ipê-roxo; 10 – Pau-marfim; 11 – Louro-pardo; 12 – Marmeleiro; 13 – Canafístula; 14 – Peroba; 15 –Timbaúva e 16 – Tarumã.

Fonte: Brun (2016).

O plantio foi realizado em outubro de 2011, em um espaçamento de 3 x 2 metros. A adubação foi realizada dois meses após a implantação, sendo aplicados 360 gramas de NPK (8-20-10) por planta, em coroamento (semicírculo), no entorno das mesmas, juntamente com capina manual das ervas daninhas e incorporação do adubo ao solo.

Dentro das parcelas do experimento foram escolhidas duas espécies foco desse estudo, sendo composta por 35 indivíduos da espécie *Luehea divaricata* Mart., tendo uma altura média de 5,36 m e DAP médio de 9,61 cm e 32 indivíduos de *Jacaranda micrantha* Cham, com altura média de 4,69 m e DAP médio de 6,46 cm (PERIN, 2018).

4.2. Inventário florestal

Para o funcionamento correto de atividades de manejo florestal essa deve ser embasada em dados referentes a composição do componente florestal, para isso, os inventários florestais tem como objetivo a quantificação dos recursos florestais (DE ARAUJO, 2006).

O inventário florestal das duas espécies estudadas foi realizado no mês de outubro de 2019 (Figura 4) de maneira censitária, ou seja, todos os indivíduos tiveram sua

variáveis mensuradas; CAP, altura total, altura comercial, diâmetro de copa e aspectos fitossanitários. Com os dados obtidos em levantamento foi possível realizar os cálculos de DAP, área de copa, e suas respectivas médias, além da divisão dos indivíduos em classes de diâmetro e cubagem do tronco.

Figura 4- Inventário florestal realizado no mês de Outubro de 2018.



Fonte: O autor (2019).

4.3. Cubagem rigorosa

Segundo Gomes (1957) é preferível que a cubagem rigorosa leve em consideração as diferentes classes de diâmetro e de altura, com isso tende-se a ter uma homogeneidade no volume entre indivíduos da mesma classe. O método de Smalian é um dos mais utilizados para a cubagem de indivíduos arbóreos devido a sua praticidade, porém o método requer o abate dos indivíduos (DE ARAUJO, 2006).

Com o abate dos indivíduos foi realizada a cubagem do tronco pelo método de Smalian descrito por Finger (1992), e a retirada de 3 discos de tronco (Figura 5), a 5,50,95% da sua altura do fuste e descascado quando a casca possuía > 20 mm. Os

volumes obtidos na cubagem foram usados para o cálculo do fator de forma onde f/f espécie 1 = 0,3291 e f/f espécie 2 = 0,3912.

Figura 5- Seccionamento de fuste e retirada de disco a 5% da altura total do fuste.



Fonte: O autor (2019).

4.4. Determinação da biomassa de *Luehea divaricata* Mart. e *Jacaranda micrantha* Cham. em plantio puro.

A mensuração de biomassa pode ser obtida a partir de dois métodos, conhecido como; destrutivo, onde se abate a árvore, ou indireto, onde não há necessidade do abate dos indivíduos (SALATI, 1994, SOARES, 2011, SANQUETTA et al., 2014). Como os indivíduos serão abatidos para realização do estudo, o método a ser adotado foi o destrutivo.

Com base no inventário florestal os indivíduos foram divididos em 5 classes de diâmetro com intervalo entre classe definido de acordo com a amplitude de diâmetro de cada espécie. Dentro de cada classe de diâmetro foram escolhidos 2 indivíduos aleatoriamente por meio de sorteio a fim de abranger todas as classes. Os indivíduos selecionados foram abatidos segundo as metodologias abaixo descritas.

Os indivíduos das duas espécies foram inventariados detalhadamente com intuito de mensurar; altura total, diâmetro a altura do peito (DAP) e área de copa, posteriormente foram abatidos e separados em; copa e tronco (Figura 6).

Figura 6- Abate e separação do indivíduo entre copa e fuste.



Fonte: O autor (2019).

Os galhos e as folhas foram separados em cima de uma lona de plástico visando de não se perder nenhum material. Todos os componentes, folhas, galhos e foram pesados (Figura 7) para determinação do seu peso úmido total, na sequência foram dispostas em sacos plásticos e devidamente identificadas para envio a laboratório.

Figura 7- Pesagem a campo das frações; folhas, galhos e tronco.



Fonte: O autor (2019).

A biomassa das folhas foi obtida através de coleta das folhas dos indivíduos abatidos, que foram pesadas a campo, sendo esse considerando seu peso úmido (PU(a)). Após a pesagem a campo foi realizado uma amostragem de cada fração com peso conhecido, posteriormente a amostra (PU(b)) foi levada a laboratório onde será disposta em sacos de papeis e passou por secagem em estufa com circulação de ar à temperaturas entre 65 e 70°C (Figura 8), após secagem foi realizada nova pesagem sendo esse seu peso seco (PS) (SOARES et al., 2011).

Figura 8- Amostras dispostas em embalagens de papel e processo de pesagem e secagem das amostras de cada fração em laboratório.



Fonte: Brun (2019).

A metodologia para mensurar a biomassa nos galhos foi a mesma das folhas, foram pesados a campo os galhos da árvore e aferido seu peso úmido (PU(a)) a campo. Para obter o peso seco foi coletada uma amostra com peso úmido conhecido (PU(b)), e em laboratório colocada em sacos de papéis e feita a secagem dessa amostra, em temperaturas variando entre 65 e 70°C e em seguida pesada para obter seu peso seco (PS) (SOARES et al., 2011).

Após as secagens do material a peso constante foram pesadas novamente, e as amostras foram guardadas para possível análise química. Todos os indivíduos foram abatidos, mensurados e divididos entre copa e tronco, e posteriormente estimado sua biomassa pelos métodos descritos acima.

Após ser realizada as coletas, pesagem úmida, secagem, pesagem seca das amostras os valores obtidos foram utilizados para o cálculo da biomassa total, através da equação abaixo (SILVA, 1983 *apud*. SOARES. 1995; MOLICA, 1992):

$$BI = \frac{PU(a) * PS}{PU(b)}$$

Onde:

BI→ Biomassa seca total (kg);

PU(a)→ Peso úmido das folhas, galhos pesados a campo (kg);

PU(b)→ Peso úmido das amostras de folhas, galhos com peso conhecido (kg);

PS→ Peso da matéria seca das amostras (kg).

4.5. Avaliação de modelos matemáticos para estimativas de biomassa de *Luehea divaricata* Mart. E *Jacaranda micrantha* Cham. em um plantio puro.

Os dados obtidos pela determinação da biomassa pelo método direto foram relacionados com as variáveis levantadas a campo por meio de inventário florestal e foram utilizados como subsídio para equação de regressão, além da calibração dos modelos escolhidos. A variável de DAP foi relacionada com a biomassa determinada para cada fração de biomassa, sendo folhas, galhos, madeira, casca e biomassa total.

Tendo em vista a aplicação de modelos em trabalhos anteriores como; (BARBEIRO, 2009; LANZARIN, 2018; VERES, 2019) foram selecionados 4 para teste (Tabela 1).

Tabela 1- Modelos matemáticos selecionados para teste.

MODELO MATEMÁTICO	AUTOR
$\ln Y = b_0 + b_1 * \ln DAP + b_2 * \ln h$	Schumacher-Hall
$Y = B_0 + B_1 * X + B_2 * X^2$	Hohenadl-Krenn
$\ln Y = b_0 + b_1 * \ln x$	Husch
$Y = B_0 + B_1 * X$	Linear

Fonte: O autor (2019).

4.6. Análise Estatística

No que tange a análise estatística serão avaliados os dados obtidos pelas variáveis dendrométricas, onde deverá ser comparada as duas espécies de maneira a conhecer qual tem maior capacidade de produção de biomassa, sendo cada espécie uma unidade experimental e cada indivíduo uma amostra, os resultados foram expressados através da apresentação das médias de DAP, altura total, e área de copa entre as espécies, além de dados de área basal, volume, área basal por hectare e volume por hectare por classe de diâmetro para cada espécie.

Para análise da correlação entre DAP e a biomassa foi realizado o teste de correlação de Pearson para cada fração de biomassa e analisado o fator R de Pearson. A biomassa determinada foi apresentada através de uma estatística descritiva com normalidade maior que 0,05 para cada fração de biomassa.

Os modelos foram analisados de acordo com os seguintes critérios estatísticos; Coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), F calculado (F) e o Erro padrão da estimativa em percentual (Syx %), onde a escolha dos critérios foi dada pela possibilidade de comparação com outros estudos.

Para análise de correlações, regressão e médias foi utilizado o *software* estatístico BioEstat 5.0 de domínio público sem necessidade de licença de uso.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para uma compreensão mais facilitada dos resultados obtidos as espécies foram divididas em espécie 1 e espécie 2, sendo espécie 1 os indivíduos de *Luehea divaricata* Mart. e os indivíduos de *Jacaranda micrantha* Cham. espécie 2.

Na tabela 2 podemos observar as médias das variáveis dendrométricas da espécie 1 obtidas através de inventário florestal onde segundo Carvalho, 2008, notasse um incremento de volume de $7,10 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ aos 9 anos, e taxa de sobrevivência entre 72 à 100 %. O presente estudo encontrou um incremento médio de volume de $5,27 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ aos 7 anos e uma taxa de sobrevivência de 97%.

Tabela 2- Variáveis dendrométricas de *Luehea divaricata* Mart. levantadas a campo através de inventário florestal.

Classe de diâmetro	Ind.	DAP (cm)	ht (m)	A. de copa (m ²)	g(m ²)	v (m ³)	G (m ² /ha)	V (m ³ /ha)
1 (<3,5)	3	3.2	7.1	5.0	0.0008	0.0019	0.1105	0.2583
2 (3,5-6,5)	3	5.4	7.2	5.1	0.0023	0.0055	0.3194	0.7570
3 (6,5-10)	11	9.2	7.6	8.2	0.0067	0.0166	3.4082	8.4699
4 (10-13,5)	13	11.1	8.0	12.8	0.0097	0.0257	5.8670	15.4495
5 (>13,5)	5	15.4	8.4	15.7	0.0187	0.0518	4.3330	11.9806
Σ	35						14.0381	36.9153

* Para cálculo de volume foi utilizado $f/f=0,3291$ obtido através da cubagem rigorosa.

Fonte: O autor (2019).

Na tabela 3 podemos observar as médias das variáveis dendrométricas da espécie 2 obtidas através de inventário florestal onde se obteve um incremento médio de volume de $2,74 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ aos 7 anos e uma taxa de sobrevivência de 94 %. A fim de comparação com a espécie 1 as características de crescimento de espécie 2 se difere ecologicamente, sendo a *Jacaranda micrantha* Cham uma espécie secundária inicial tendo seu pico de incremento em volume em idades mais avançadas (CARVALHO, 2008).

Tabela 3- Variáveis dendrométricas de *Jacaranda micrantha* Cham. levantadas a campo através de inventário florestal.

Classe de diâmetro	Ind.	DAP (cm)	ht (m)	A. de copa (m ²)	g(m ²)	v (m ³)	G (m ² /ha)	V (m ³ /ha)
1 (<6,5)	8	6.0	4.1	0.4	0.0029	0.0046	1.0640	1.7069
2 (6,5-7,5)	8	7.3	4.7	1.1	0.0042	0.0077	1.5591	2.8673
3 (7,5-9,5)	8	8.4	6.4	2.0	0.0056	0.0140	2.0698	5.1831
4 (9,5-11,5)	6	9.9	7.0	3.4	0.0076	0.0209	2.1243	5.8183
5 (>11,5)	2	13.4	7.2	7.0	0.0140	0.0393	1.2998	3.6363
Σ	32						8.11690	19.21182

* Para cálculo de volume foi utilizado $f/f=0,3912$ obtido através da cubagem rigorosa.

Fonte: O autor (2019).

Segundo Carvalho (2008) deve-se evitar o plantio de *Luehea divaricata* Mart. a pleno sol, pois a alta intensidade luminosa gera uma acentuada formação de ramificações laterais o que diminui o incremento em volume, como pode ser visualizado nos dados obtidos pelo inventario florestal. Com relação a *Jacaranda micrantha* Cham sua ecologia de crescimento não favorece um incremento em volume considerável nos primeiros anos, sendo seu incremento acentuado a partir de idades mais avançadas.

A tabela 4, abaixo, apresenta a análise da correlação entre a variável DAP mensurada e as frações de biomassa determinadas através do fator R de Pearson. As variáveis se relacionam de maneira significativa variando entre 0,66 e 0,96, sendo que esse correlação serve de subsidio para a escolha de modelos com correlações semelhante entre as variáveis, no caso desse estudo optou-se por modelos com alta correlação entre as variáveis, além da utilização de DAP nos modelos preditivos como variável depende. A espécie 1 apresenta maior correlação em detrimento a espécie 2, um fator que pode explicar isso é a espécie 1 possuir uma maior área de copa média (9,36 m²) em relação a espécie 2 (2,78 m²) o que pode acentuar a competição entre os indivíduos e gerar uma maior uniformidade de crescimento sendo mais significativo em análise de correlações.

Tabela 4- Análise das correlações entre as variáveis dendrométricas mensuradas e as frações da biomassa através do teste de correlação de Pearson.

Fração	Variável mensurada	
	DAP	
	Espécie 1	Espécie 2
Biomassa folhas	0.89	0.66
Biomassa galhos	0.77	0.64
Biomassa madeira	0.79	0.74
Biomassa casca	0.96	0.74
Biomassa total	0.81	0.71

Fonte: O autor (2019).

Na tabela 5, abaixo, se verifica as frações de biomassa obtidas pela determinação de coletas das frações a campo, como descrito na metodologia destrutiva. As amostras apresentam distribuição normal com desvio padrão entre 0,04 kg árvore⁻¹ para fração casca e 26,65 kg árvore⁻¹ para fração biomassa total nos 10 indivíduos abatidos da espécie

1 e 0,02 kg árvore⁻¹ para fração casca e fração biomassa total e 8,89 kg árvore⁻¹ para fração biomassa madeira entre os 10 indivíduos abatidos da espécie 2.

Tabela 5 – Biomassa produzida por fração, obtida pelo método destrutivo de *Luehea divaricata* Mart e *Jacaranda micrantha* Cham. aos 7 anos de idade.

Espécie	Fração	V. mínimo	Média	V. máximo	Desvio Padrão	Média
		kg árvore ⁻¹				ton ha ⁻¹
1	BF	0.17	1.15	5.31	1.63	3.19
1	BG	0.04	2.43	19.09	6.35	10.79
1	BM	4.93	17.19	71.17	19.30	35.67
1	BC	0.01	0.05	0.11	0.04	0.10
1	BT	6.89	20.77	95.68	26.65	49.75
2	BF	0.02	0.42	1.52	0.46	0.52
2	BG	0.18	1.37	25.36	7.78	3.72
2	BM	3.13	7.12	31.56	8.89	12.02
2	BC	0.01	0.02	0.09	0.02	0.03
2	BT	3.61	0.02	58.52	0.02	16.28

*Valores baseados nas 20 árvores amostras abatidas (10 por espécie), sendo $p > 0,05$ significativo, portanto os dados apresentam normalidade de distribuição.

**Sendo BF= Biomassa folhas, BG= Biomassa galhos, BM= Biomassa madeira, BC= Biomassa casca e BT= Biomassa total.

Fonte: O autor (2019).

A espécie 2 apresentou menores valores de desvio padrão sendo a fração madeira a que obteve maior valor 8,89 kg árvore⁻¹, a espécie 1 também apresentou essa tendência, onde o segundo maior desvio padrão obtido foi o da fração madeira 19,30 kg árvore⁻¹ ficando atrás apenas da fração biomassa total que apresentou um valor de 27,07 kg árvore⁻¹. Em estudos de Brun (2012), a autora obteve valores de até 560,4 kg árvore⁻¹ para indivíduos de *Poincianella pluviosa* pertencentes a composição da arborização urbana no município de Maringá-PR. A discrepância entre os valores desse estudo e do acima citado se refere a heterogenidade dos indivíduos pertencentes a arborização urbana, devido as práticas silviculturais como poda não serem padronizadas estabelecendo uma maior variação das frações de biomassa entre os indivíduos, e no caso desse estudo os indivíduos formam um plantio uniforme, com a mesma idade e práticas silviculturais adotadas o que reduz a variação entre as frações de biomassa entre os indivíduos.

A biomassa foliar média foi de 1,63 kg árvore⁻¹, variando entre 0,2 kg árvore⁻¹ (mínimo) a 3,85 kg árvore⁻¹ (máximo) e representa cerca de 5,55 % da biomassa total do indivíduo para espécie 1, com relação a espécie 2 a biomassa foliar média foi de 0,44 kg árvore⁻¹, variando entre 0,04 kg árvore⁻¹ (mínimo) a 1,08 kg árvore⁻¹ (máximo) e representa cerca de 3,34 % da biomassa total do indivíduo. Lanzarin et al. (2018)

encontrou valores de biomassa foliar média foi de 0,64 kg árvore⁻¹, variando entre 0,05 kg árvore⁻¹ (mínimo) a 2,04 kg árvore⁻¹ (máximo) para indivíduos jovens de *Cabranea canjerana*, onde os valores maiores, espécie 1, da biomassa foliar média é explicada pelo fato de autor citar que os indivíduos de *Cabranea canjerana* estarem em estrato intermediário e sob alta competição em relação aos indivíduos de *Luhea divaricata* Mart estarem alocados a pleno sol em plantio puro.

A tabela abaixo, detalha os resultados estatísticos dos modelos utilizados para a fração folhas para as 2 espécies. Com relação a espécie 1 o modelo de Husch foi o que apresentou os melhores resultados, com coeficiente de determinação ajustado de 0,91 e o erro padrão percentual da estimativa de 5,13 %, o que significa que o modelo explica 91 % dos dados e a cada centímetro de incremento de DAP gera um acúmulo de 0,10 kg árvore⁻¹ de biomassa na fração folhas.

Tabela 6- Estatística dos modelos ajustados para estimativa de biomassa da fração folhas para *Luehea divaricata* Mart e *Jacaranda micrantha* Cham..

Autor	Espécie 1			Espécie 2		
	b0	b1	b2	b0	b1	b2
Schumacher-Hall	1.5979	1.9877	0.5960	-5.7847	0.9376	5.1657
Hohenadl-Krenn	764.7866	-277.4504	34.8154	-2853.9689	591.6280	-23.2722
Husch	2.8750	1.9454	-	1.6711	0.4015	-
Linear	-1320.8831	333.6334	-	-552.5773	109.2860	-
Autor	R ² aj	F	Syx (%)	R ² aj	F	Syx (%)
Schumacher-Hall	0.9199	52.66	37.18	0.6217	8.39	16.42
Hohenadl-Krenn	0.8859	35.94	33.77	0.4525	4.72	77.40
Husch	0.9151	97.95	5.13	0.5056	10.21	35.04
Linear	0.7758	32.14	45.87	0.3611	6.09	75.35

Fonte: O autor (2019).

A espécie 2 obteve valores diferentes da espécie 1 com relação ao modelo que mais se ajustou, onde o modelo de Schumacher-Hall obteve um coeficiente de determinação ajustado de 0,62 e o erro padrão percentual da estimativa de 16,42 %, o que significa que o modelo explica 62 % dos dados e a cada centímetro de incremento de DAP gera um acúmulo de 0,05 kg árvore⁻¹ de biomassa na fração folhas. Em estudo de Veres(2019), em um fragmento florestal de FOM obteve coeficientes de determinação baixos (0,00-0,22) e altos valores de erro padrão percentual da estimativa (132-152%), isso demonstra que em casos onde não exista alta correlação entre as variáveis dendrométricas e a biomassa das folhas geram resultados baixos quanto aos parâmetros estáticos referentes a modelagem, tornando assim o uso de modelos insatisfatórios,

interação diferente das encontradas no presente estudo, principalmente no que tange a espécie 1 com o uso do modelo de Husch.

A biomassa média dos galhos foi de 5,16 kg árvore⁻¹, variando entre 0,31 kg árvore⁻¹ (mínimo) a 11,26 kg árvore⁻¹ (máximo) e representa cerca de 13,40 % da biomassa total do indivíduo para espécie 1, com relação a espécie 2 a biomassa média dos galhos foi de 4,52 kg árvore⁻¹, variando entre 0,31 kg árvore⁻¹ (mínimo) a 17,10 kg árvore⁻¹ (máximo) e representa cerca de 13,86 % da biomassa total do indivíduo para espécie 2.

A tabela 7 abaixo detalha os resultados estatísticos dos modelos utilizados para a fração galhos para as 2 espécies. Com relação a espécie 1 e 2 o modelo de Schumacher-Hall foi o que apresentou os melhores resultados, com coeficiente de determinação ajustado de 0,77 e 0,87, o erro padrão percentual da estimativa de 2,12 % e 13,98 %, o que significa que o modelo explica 77 % e 87% respectivamente.

Tabela 7- Estatística dos modelos ajustados para estimativa de biomassa da fração galhos para *Luehea divaricata* Mart e *Jacaranda micrantha* Cham..

Autor	Espécie 1			Espécie 2		
	b0	b1	b2	b0	b1	b2
Schumacher-Hall	-1.9058	2.8035	1.8803	-3.4907	4.6561	0.4134
Hohenadl-Krenn	2297.6999	-934.6888	116.9151	34214.3457	6494.9148	225.8363
Husch	2.1234	2.6703	-	2.9148	0.4865	-
Linear	-4706.2751	1117.4172	-	11881.4006	1814.2171	-
Autor	R ² aj	F	Syx (%)	R ² aj	F	Syx (%)
Schumacher-Hall	0.7747	16.47	2.12	0.8768	11.64	13.98
Hohenadl-Krenn	0.5751	7.09	80.20	0.6736	2.91	144.27
Husch	0.7378	26.32	12.29	0.7388	26.46	27.96
Linear	0.5364	11.42	83.77	0.3339	5.51	75.14

Fonte: O autor (2019).

A biomassa média da fração madeira foi de 20,23 kg árvore⁻¹, variando entre 7,52 kg árvore⁻¹ (mínimo) a 48,55 kg árvore⁻¹ (máximo) e representa cerca de 81,82 % da biomassa total do indivíduo para espécie 1, com relação a espécie 2 a biomassa média da fração madeira foi de 9,98 kg árvore⁻¹, variando entre 3,49 kg árvore⁻¹ (mínimo) a 24,95 kg árvore⁻¹ (máximo) e representa cerca de 81,60 % da biomassa total do indivíduo para espécie 2. Lanzarin et al. (2018) encontrou valores de biomassa média da fração madeira que foi de 12,08 kg árvore⁻¹, variando entre 0,36 kg árvore⁻¹ (mínimo) a 27,40 kg árvore⁻¹ (máximo) para indivíduos jovens de *Cabralea canjerana*.

A tabela 8 abaixo detalha os resultados estatísticos dos modelos utilizados para a fração madeira para as 2 espécies. Com relação a espécie 1 o modelo de Husch foi o que

apresentou os melhores resultados, com coeficiente de determinação ajustado de 0,67 e o erro padrão percentual da estimativa de 4,69 %, o que significa que o modelo explica 67 % dos dados e a cada centímetro de incremento de DAP gera um acúmulo de 1,60 kg árvore⁻¹ de biomassa na fração madeira.

Tabela 8- Estatística dos modelos ajustados para estimativa de biomassa da fração madeira para *Luehea divaricata* Mart e *Jacaranda micrantha* Cham..

Autor	Espécie 1			Espécie 2		
	b0	b1	b2	b0	b1	b2
Schumacher-Hall	7.0211	1.1232	0.1515	3.6095	1.6546	0.9903
Hohenadl-Krenn	25434.2303	7105.2797	605.0103	33384.8675	6942.7991	219.2028
Husch	7.3458	1.1125	-	6.8734	0.2272	-
Linear	10809.8285	3513.9258	-	11707.9145	2399.5889	-
Autor	R ² aj	F	Syx (%)	R ² aj	F	Syx (%)
Schumacher-Hall	0.6282	8.60	20.41	0.6623	9.83	12.65
Hohenadl-Krenn	0.8291	22.84	39.44	0.4604	4.84	65.37
Husch	0.6724	19.47	4.69	0.6783	19.98	15.65
Linear	0.5840	13.64	61.53	0.4906	9.67	0.06

Fonte: O autor, 2019.

No que tange a espécie 2, na fração madeira, os modelos de Husch e Schumacher-Hall apresentaram valores similares, sendo coeficiente de determinação ajustado de 0,67 e 0,66, o erro padrão percentual da estimativa de 15,65 % e 12,65 %, o que significa que o modelo explica 67% e 66 % respectivamente, e a cada centímetro de incremento de DAP gera um acúmulo de 0,04 kg árvore⁻¹ de biomassa na fração madeira. Em comparação com estudos de Lanzarin et al. (2018) onde se obteve coeficiente de determinação ajustado de 0,95 utilizando o modelo de Schumacher-Hall, os modelos utilizados nesse estudo não explicam de maneira significativa os dados. Além disso Veres et al. (2019) obteve a partir de modelos de múltipla entradas valores de coeficiente de determinação ajustado de 0,77, e erro padrão percentual da estimativa de 54,24 %, que se assimilam aos valores obtidos por este estudo.

A biomassa média da fração casca foi de 0,05 kg árvore⁻¹, variando entre 0,01 kg árvore⁻¹ (mínimo) a 0,11 kg árvore⁻¹ (máximo) e representa cerca de 0,19 % da biomassa total do indivíduo para espécie 1, com relação a espécie 2 a biomassa média da fração casca foi de 0,03 kg árvore⁻¹, variando entre 0,01 kg árvore⁻¹ (mínimo) a 0,07 kg árvore⁻¹ (máximo) e representa cerca de 0,22 % da biomassa total do indivíduo para espécie 2.

Tabela 9- Estatística dos modelos ajustados para estimativa de biomassa da fração casca para *Luehea divaricata* Mart e *Jacaranda micrantha* Cham..

Autor	Espécie 1			Espécie 2		
	b0	b1	b2	b0	b1	b2
Schumacher-Hall	1.3437	1.3339	-0.1787	-2.3073	1.6551	0.9922
Hohenadl-Krenn	-1.1512	3.4105	0.2520	-90.5066	18.8197	-0.5946
Husch	0.9607	1.3466	-	0.9594	0.2273	-
Linear	-16.2460	7.8332	-	-31.7089	6.4964	-

Autor	R ² aj	F	Syx (%)	R ² aj	F	Syx (%)
Schumacher-Hall	0.9351	65.86	53.15	0.6625	9.83	21.77
Hohenadl-Krenn	0.9210	53.45	18.84	0.4603	4.84	65.41
Husch	0.9404	142.94	5.43	0.6785	19.99	46.37
Linear	0.9172	100.68	19.29	0.4904	9.66	1.15

Fonte: O autor, 2019.

Na tabela 9 acima, observamos que os modelos podem ser considerados satisfatórios para espécie 1, com coeficientes de determinação ajustados $> 0,91$, explicando 90% dos dados, porém o modelo de Husch apresentou menor valor do erro padrão percentual da estimativa 5,43 %, sendo assim o melhor dentre os testados. Para espécie 2 os modelos não foram satisfatórios, apresentaram valores baixos de coeficientes de determinação ajustados < 66 %, explicando no máximo 66 % dos dados, com erro padrão percentual da estimativa de 21.77% o modelo de Schumacher-Hall foi o modelo que apresentou melhor escores dentre os testados.

A biomassa total média foi de 27,7 kg árvore⁻¹, variando entre 8,04 kg árvore⁻¹ (mínimo) a 63,76 kg árvore⁻¹ (máximo) e 49,75 ton. ha⁻¹ para espécie 1, com relação a espécie 2 a biomassa total média foi de 14,97 kg árvore⁻¹, variando entre 3,85 kg árvore⁻¹ (mínimo) a 43,20 kg árvore⁻¹ (máximo) e 16,27 ton. ha⁻¹. Em estudos de Lanzarin et al. (2018) a biomassa total média foi de 12,72 kg árvore⁻¹, com valores no intervalo entre 0,41-28,55 kg árvore⁻¹ para indivíduos jovens de *Cabralea canjerana*, valor inferior a espécie 1 e superior a espécie 2. Onde os valores se diferem devido ao acúmulo da biomassa se dar de formas distintas de acordo com cada tipologia florestal e é bastante influenciada pelo estágio de sucessão da vegetação, com isso fragmentos em estágios mais avançados e/ou plantios com indivíduos de maior porte tem uma tendência maior de acúmulo de biomassa aérea (MARTINS, 2011; VERES et al., 2019).

A tabela 10 abaixo, apresenta os modelos testados para biomassa total, sendo o modelo de Husch o mais satisfatório para espécie 1, apresentando valores de coeficiente de determinação ajustado de 0,75 e erro padrão percentual de média de 4,29 %, sendo assim o modelo de Husch explica 75 % dos dados, onde o incremento de 1 cm de DAP

gera o acúmulo de 0,09 kg árvore⁻¹ de biomassa total. Com relação a espécie 2, o modelo de Husch apresentou o melhor escore com valor de 0,74 para coeficiente de determinação ajustado e 15,46 % de erro padrão percentual de média, sendo assim o modelo explica 74 % dos dados, e para cada 1 cm de incremento de DAP gera o acúmulo de 2,52 kg árvore⁻¹ de biomassa total. Em estudos de Fontoura et al. (2017) testando o modelo de Schumacher-Hall obteve um valor de coeficiente de determinação ajustado 0,91 para *Ateleia glazeoviana*. Já Lanzarin et al. (2018) obteve valores de coeficiente de determinação ajustado 0,95 para modelo Schumacher-Hall para indivíduos jovens de *Cabralea canjerana*.

Tabela 10- Estatística dos modelos ajustados para estimativa de biomassa total para *Luehea divaricata* Mart e *Jacaranda micrantha* Cham..

Autor	Espécie 1			Espécie 2		
	b0	b1	b2	b0	b1	b2
Schumacher-Hall	6.2287	1.3093	0.4809	3.6699	2.0628	0.8767
Hohenadl-Krenn	28495.5655	8314.0083	756.9927	97105.9721	19570.5958	643.5219
Husch	7.2591	1.2752	-	7.3208	0.2601	-
Linear	16853.2327	4972.8095	-	33468.1154	6232.9206	-
Autor	R ² aj	F	Syx (%)	R ² aj	F	Syx (%)
Schumacher-Hall	0.7439	14.07	20.89	0.6856	10.81	12.15
Hohenadl-Krenn	0.8156	20.90	42.27	0.4160	4.21	80.12
Husch	0.7569	29.01	4.29	0.7411	22.90	15.46
Linear	0.6198	15.67	60.69	0.5066	8.22	0.05

Fonte: O autor, 2019.

6. CONCLUSÃO

A biomassa determinada pelo método destrutivo apresentou valores relevantes, onde a espécie 1 (*Luehea divaricata* Mart.), obteve maiores valores de biomassa acumulada em todas as frações em comparação com a espécie 2 (*Jacaranda micrantha* Cham.), pode-se observar essa discrepância através do valor encontrado de 49,75 ton.ha⁻¹ de acúmulo de biomassa para espécie 1 e 16,27 ton.ha⁻¹ de acúmulo de biomassa para espécie 2. Através da distribuição das frações em relação a biomassa total podemos concluir que a fração madeira representa cerca de 80% da biomassa total, em contrapartida a copa exerce função essencial para o acúmulo de biomassa, pois a espécie 1 apresentou valores maiores de área de copa em relação a espécie 2, com isso a diferença entre os dados pode ser dada pela heterogeneidade de crescimento entre as espécies.

Os modelos de Schumacher-Hall e Husch foram os que apresentaram valores mais satisfatórios, variando entre 0,66 a 0,92 para coeficiente de determinação ajustado e erros padrões percentuais da média < 20 %. Com isso conclui-se que houve interação entre as variáveis e para *Luehea divaricata* Mart. e *Jacaranda micrantha* Cham. o uso de modelos preditivos para estimativa de biomassa torna-se uma ferramenta viável e prática para adoção de medidas relacionada ao manejo florestal.

7. REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; et al.; Köppen's Climate Classification Map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.

APEZZATO-DA-GLÓRIA, B., CARMELLO-GUERREIRO S. M. **Anatomia vegetal**. 3 Ed. Rev. e Ampl. Viçosa, MG. UFV, 2012.

BARBEIRO, L. S. S.; VIEIRA, G.; SANQUETTA, C. R. Equações para estimativa da biomassa individual de *Nectandra grandiflora* Ness (canela-amarela). **Floresta**, v. 39, n. 4, p. 833-843. 2009.

AYRES, Manuel et al. **BioEstat 5.0**. Belém: Imprensa Oficial do Estado do Pará, v. 323, 2007.

BRUN, F. G. K. **Avaliação do potencial de estoque de carbono por Sibipiruna (*Poincianela pluviosa* var. *peltophoroides* (Benth.) LP Queiróz) na arborização viária de Maringá-PR**. 2012. 166 f. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo. Piracicaba-SP.

CAMPOS, J. C. C.; SILVA, J.; VITAL, B. R. Volume e biomassa do tronco e da copa de eucalipto de grande porte. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 16, n. 3, p. 319-336, 1992.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA/CNPQ; Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa florestas, 2008.

DE ARAUJO, H. J. B. Inventário florestal a 100% em pequenas áreas sob manejo florestal madeireiro. **Embrapa Acre-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2006.

FONSECA, A. D. **Biomass-to-liquids: uma contribuição ao estudo da obtenção de biocombustíveis sintéticos através da síntese Fischer-Tropsch**. 2009. 143 f. Dissertação (Mestrado em Energia). Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2009.

FRAGA, M. P.; BARRETO, P. A. B.; PAULA, A. D.; Estimação de Volume de *Pterogyne nitens* em Plantio Puro no Sudoeste da Bahia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 79, p. 207–215, 2014.

FINGER, C. A. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269p.

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

HOSOKAWA, R. T., Dinâmica da assimilação de CO₂ pelos reflorestamentos, 2003. Disponível em: <<http://www.remade.com.br>> . Acesso em: 06 ago. 2019.

HUSCH, B.; BEERS, T. W.; KERSHAW JR, J. A. **Forest mensuration**. New York: John Wiley & Sons, 2002.

IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual**. 80 p., 2017. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2019.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 271 p., 2012. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>> . Acesso em: 06 jun. 2018

KLASS, D. L. **Biomass for renewable energy, fuels, and chemicals**, ed. 1, San Diego: Academic Press, 1998. 651p.

KRAMER. P. J.; KOSLOWSKI, T. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1960. 175p.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas: possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Eschborn: GTZ, 2000. 343 p.

LAZZARETTI, G. S.; FARIAS, J. A.; BIBIANA, G. N.; Rebrote de Açoita-Cavalo Sobre Diferentes Luminosidades Relativas. **Caderno de Pesquisa**, v. 28, n. 2, p. 30–37, 2016.

LANZARIN, K. et al. Crescimento e biomassa de indivíduos jovens de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 3, n. 1, p. 96-102, 2018.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**, 2 ed., Nova Odessa, SP, 1998.

MARTINS, P. J. **Biomassa Vegetal, Estoque de Carbono e Dinâmica em um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana**. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). 2011. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, PR.

MEYER, E. A. **Produção de Madeira em Regime de Talhadia na Floresta Estacional Decidual**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal).2015. 108 f. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

MOLICA, S. G. **Produção de biomassa e eficiência nutricional de híbridos interespecíficos de eucalipto, em duas Regiões Bioclimáticas de Minas Gerais**. 1992. 84 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PARDE, J. Forest biomass. In: **Forestry Abstracts**. 1980. p. 343-362.

PALLARDY, S.G. **Physiology of woody plants**. 2 ed- United States of America, 1997.

PERIN, L. D.; **Potencial de Crescimento Inicial de Espécies Florestais Nativas em Plantio Puro**. 2018. 103 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos-PR.

PROBSTEIN, R.F.; HICKS, R.E. **Synthetic fuels**. 1ª ed. New York, USA: McGraw Hill Book Company, 1982. 490p.

SALATI, E. Emissão x sequestro de CO₂: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQUESTRO DE CO₂. Rio de Janeiro: CVRD, p. 13-37, 1994.

SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B. Fixação de Carbono: atualidades, projetos e pesquisas. In: **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba: FUPEF. 2004.

SILVA, L.; et al.; Estudo de um Nitossolo Vermelho com Evidencia de Caráter Coeso da Região Sudeste do Paraná. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 04, n. 1, 2009.

SCOLFORO, J.R.S. **Manejo florestal**. – UFLA/FAEPE, Lavras, MG, 1998. 438p. Curso de Pós-graduação “lato sensu” (especialização) a distância – Manejo de florestas nativas, Lavras, MG, 1998.

SLADE, E. M. The role of dung beetles in reducing greenhouse gas emissions from cattle farming. **Scientific Reports**, v. 6, p. 18-140, 2016.

SOARES, C. P. B. Modelos para estimar a biomassa da parte aérea de um povoamento de *Eucalyptus grandis*, na região de Viçosa, Minas Gerais. 1995. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SOARES, C. P. B., PAULA NETO, F., DE SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**, 2 ed., Viçosa-MG: UFV, 2011.

TEIXEIRA, M. A. **Caracterização energética do babaçu e análise do potencial de cogeração**. 2003. 198 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F.; SÁ, S. P. P. Dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no Estado de Roraima - Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), Ipê-roxo (*Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Griseb) e Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 35, n. 3, p. 353–362, 2005.

URBANO, E. Equações para estimar o peso de carbono fixado em árvores de *Mimosa scabrella* Bentham (bracatinga) em povoamentos nativos. **Cerne**, v. 14, n. 3, p. 194-203, 2008.

USHIMA, A. H. **Testes de sistema de geração para consumidores remotos baseados na gaseificação de biomassa**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT. 2003.

VERES, Q. J. I.; WATZLAWICK, L. F.; SILVA, R. A. RODRIGUES. Estimativas de biomassa e carbono em fragmento de floresta estacional semidecidual no oeste do Paraná. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 1, p. 23-31, 2019.

WATZLAWICK, L. F. **Estimativa de biomassa e carbono em floresta ombrófila mista e plantações florestais a partir de dados de imagens do satélite IKONOS II**. 2003. 120 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal - Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR.

