

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

Ana Cristina Dalberti

**BIOMASSA ACIMA DO SOLO DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM
FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL**

Frederico Westphalen – RS

2021

Ana Cristina Dalberti

**BIOMASSA ACIMA DO SOLO DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM FLORESTA
ESTACIONAL DECIDUAL**

Trabalho de conclusão de curso II apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen (UFSM/FW, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em Engenharia Florestal**.

Orientadora: Prof^a Dra. Magda Lea Bolzan Zanon

Frederico Westphalen, RS

2021

Ana Cristina Dalberti

**BIOMASSA ACIMA DO SOLO DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM FLORESTA
ESTACIONAL DECIDUAL**

Trabalho de conclusão de curso II
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia Florestal, da Universidade
Federal de Santa Maria, campus Frederico
Westphalen (UFSM/FW, RS), como requisito
parcial para obtenção do grau de **Bacharel
em Engenharia Florestal**.

Aprovado em 06 de setembro de 2021:

Magda Lea Bolzan Zanon, Dra. (UFSM)
(Orientadora)

Luís Paulo Baldissera Schorr, Me. (UDESC)

Felipe Turchetto, Dr. (UFSM)

Frederico Westphalen, RS

2021

AGRADECIMENTOS

- aos meus pais, Artemio e Clenir, e a minha irmã, Aline, pelo apoio, incentivo, compreensão e esforços que fizeram para que este momento se tornasse possível;
- a Magda L. B. Zanon pela orientação e conhecimentos transmitidos neste período;
- ao Luis P. Schorr pela paciência e disposição de me ajudar no que foi preciso;
- ao professor Felipe Turchetto e a Elisiane Vendruscolo pela colaboração durante a realização deste trabalho;
- a Lethicia M. de Souza, amiga e irmã do coração, por todos os momentos que passamos juntas;
- a Djavan A. Coinaski por tudo que faz por mim;
- a Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen, por me possibilitar a experiência da graduação, e me apresentar pessoas incríveis que lembrarei para sempre;
- por fim, a todos que contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

Muito obrigada.

RESUMO

BIOMASSA ACIMA DO SOLO DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL

AUTORA: Ana Cristina Dalberti
ORIENTADORA: Magda Lea Bolzan Zanon

O bioma Mata Atlântica e seus ecossistemas associados possuem grande importância ecológica no Brasil. Estudos que visem obter a quantificação da biomassa em áreas com esta cobertura podem fornecer dados importantes sobre o potencial energético das florestas, além de referências importantes sobre as mudanças climáticas. Este estudo teve como objetivo mensurar a biomassa acima do solo de espécies arbóreas presentes em um fragmento de Floresta Estacional Decidual no município de Frederico Westphalen, RS, e avaliar as correlações entre as variáveis dendrométricas e alométricas obtidas. A estimativa da biomassa foi realizada através do método indireto, utilizando equação alométrica, enquanto as correlações entre indivíduos e variáveis mensuradas foram feitas por meio da análise de componentes principais realizadas no software R. O fragmento compreendeu 159,19 Mg/0,9 ha, permitindo uma estimativa de 176,87 Mg/ha de biomassa acima do solo. As espécies *Holocalyx balansae* e *Nectandra megapotamica* apresentaram os maiores valores dentre as avaliadas. A correlação mostrou que DAP e altura resultaram na maior associação com a biomassa acima do solo. As componentes principais explicaram 78,8% da variação ocorrida nos dados, sendo que os eixos foram influenciados principalmente pela altura, diâmetro e massa específica. Estudos futuros que visem quantificar a biomassa acima do solo podem centrar suas mensurações nas variáveis altura, diâmetro e massa específica.

Palavras-chave: Floresta Subtropical. Equações Alométricas. Análise De Componentes Principais.

ABSTRACT

BIOMASS ABOVE GROUND OF TREE SPECIES IN DECIDUAL SEASONAL FOREST

AUTHOR: Ana Cristina Dalberti
ADVISOR: Magda Lea Bolzan Zanon

The Atlantic Forest biome and its associated ecosystems are of great ecological importance in Brazil. Studies aimed at obtaining the quantification of biomass in areas with this coverage can provide important data on the energy potential of forests, as well as important references on climate change. This study aimed to measure the aboveground biomass of tree species present in a fragment of Seasonal Deciduous Forest in the municipality of Frederico Westphalen, RS, and to evaluate the correlations between the dendrometric and allometric variables obtained. The biomass estimate was performed using the indirect method, using an allometric equation, while the correlations between individuals and measured variables were performed using principal component analysis performed in the R software. The fragment comprised 159.19 Mg/0.9 ha, allowing an estimate of 176.87 Mg/ha of aboveground biomass. The species *Holocalyx balansae* and *Nectandra megapotamica* presented the highest values among those evaluated. The correlation showed that DBH and height resulted in the greatest association with aboveground biomass. The main components explained 78.8% of the variation in the data, and the axes were mainly influenced by height, diameter and specific mass. Future studies aimed at quantifying above-ground biomass may center their measurements on the variables height, diameter and specific mass.

Keywords: Subtropical Forest. Allometric Equations. Principal Component Analysis.

BIOMASSA ACIMA DO SOLO DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL

BIOMASS ABOVE GROUND OF TREE SPECIES IN DECIDUAL SEASONAL FOREST

Ana Cristina Dalberti¹, Magda Lea Bolzan Zanon², Luís Paulo Baldissera Schorr³

RESUMO

O bioma Mata Atlântica e seus ecossistemas associados possuem grande importância ecológica no Brasil. Estudos que visem obter a quantificação da biomassa em áreas com esta cobertura podem fornecer dados importantes sobre o potencial energético das florestas, além de referências importantes sobre as mudanças climáticas. Este estudo teve como objetivo mensurar a biomassa acima do solo de espécies arbóreas presentes em um fragmento de Floresta Estacional Decidua no município de Frederico Westphalen, RS, e avaliar as correlações entre as variáveis dendrométricas e alométricas obtidas. A estimativa da biomassa foi realizada através do método indireto, utilizando equação alométrica, enquanto as correlações entre indivíduos e variáveis mensuradas foram feitas por meio da análise de componentes principais realizadas no software R. O fragmento compreendeu 159,19 Mg/0,9 ha, permitindo uma estimativa de 176,87 Mg/ha de biomassa acima do solo. As espécies *Holocalyx balansae* e *Nectandra megapotamica* apresentaram os maiores valores dentre as avaliadas. A correlação mostrou que DAP e altura resultaram na maior associação com a biomassa acima do solo. As componentes principais explicaram 78,8% da variação ocorrida nos dados, sendo que os eixos foram influenciados principalmente pela altura, diâmetro e massa específica. Estudos futuros que visem quantificar a biomassa acima do solo podem centrar suas mensurações nas variáveis altura, diâmetro e massa específica.

Palavras-chave: Floresta Subtropical. Equações Alométricas. Análise De Componentes Principais.

ABSTRACT

The Atlantic Forest biome and its associated ecosystems are of great ecological importance in Brazil. Studies aimed at obtaining the quantification of biomass in areas with this coverage can provide important data on the energy potential of forests, as well as important references on climate change. This study aimed to measure the aboveground biomass of tree species present in a fragment of Seasonal Deciduous Forest in the municipality of Frederico Westphalen, RS, and to evaluate the correlations between the dendrometric and allometric variables obtained. The biomass estimate was performed using the indirect method, using an allometric equation, while the correlations between individuals and measured variables were performed using principal component analysis performed in the R software. The fragment comprised 159.19 Mg/0.9 ha, allowing an estimate of 176.87 Mg/ha of aboveground biomass. The species *Holocalyx balansae* and *Nectandra megapotamica* presented the highest values among those evaluated. The correlation showed that DBH and height resulted in the greatest association with aboveground biomass. The main components explained 78.8% of the variation in the data, and the axes were mainly influenced by height, diameter and specific mass. Future studies aimed at quantifying above-ground biomass may center their measurements on the variables height, diameter and specific mass.

Keywords: Subtropical Forest. Allometric Equations. Principal Component Analysis.

¹ Autora. Acadêmica de Engenharia Florestal – UFSM, campus Frederico Westphalen.

² Engenheira Florestal, orientadora. Doutora em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria.

³ Engenheiro Florestal, coorientador. Mestre em Engenharia Florestal pela Universidade do Estado de Santa Catarina.

1 INTRODUÇÃO

O bioma Mata Atlântica e seus ecossistemas associados envolvem uma área de 1,1 milhão de km² dentro do território brasileiro (BRASIL, 2019). O mesmo está entre as áreas consideradas de elevada riqueza natural relacionada a biodiversidade no mundo (*hotspot*), devido a elevada riqueza de espécies, associada a uma alta taxa de endemismo e ao grau de ameaça existente (ALMEIDA, 2016).

Apesar de sua importância ecológica, há poucos trabalhos que estimam de forma confiável o estoque de biomassa e carbono nos diferentes compartimentos da mata atlântica (RIBEIRO et al., 2009), em especial na Floresta Estacional Decidual.

A biomassa florestal é um parâmetro de extrema importância para avaliar o potencial da floresta e seu ecossistema na produção de energia. Além disso, colabora para o entendimento dos processos acerca das mudanças climáticas, visto que aproximadamente 50% da madeira seca é carbono (BRASIL, 2019).

De acordo com Bombelli et al. (2009), existem quatro maneiras principais de monitorar a biomassa, sendo elas (a) medição de biomassa direta destrutiva *in situ*; (b) estimativas de biomassa não destrutivas *in situ* (usando equações ou fatores de conversão); (c) inferência de sensoriamento remoto; (d) modelos que extrapolam as estimativas de biomassa ao longo do tempo e/ou espaço a partir de um conjunto de dados limitado (*in situ* ou sensoriamento remoto).

Os métodos diretos consistem na derrubada das árvores visando a mensuração completa da matéria vegetal existente e, baseando-se nos dados obtidos, realiza-se uma extrapolação para toda a área desejada. Tratando-se dos métodos indiretos, faz-se a utilização de equações alométricas baseadas em variáveis facilmente obtidas a campo através de amostragens, como diâmetro, altura e massa específica, sendo que estas relacionam-se com as variáveis biomassa e carbono (PARRON et al., 2015).

A maioria dos dados de biomassa disponíveis são derivados de métodos não destrutivos (BOMBELLI et al., 2009), sendo estes utilizados em operações como o inventário florestal nacional brasileiro, onde as estimativas sobre a biomassa das florestas são feitas a partir de dados primários e equações alométricas ajustadas (BRASIL, 2019). Desta forma, tal prática exerce uma vantagem significativa quando se trata de florestas nativas, visto que existem restrições culturais e legais para o abate de árvores (LIMA, 2010).

Dados como a quantificação da ciclagem de nutrientes, bem como da biomassa para fins energéticos, industriais e sequestro de carbono possuem grande relevância no manejo florestal, sendo primordiais para estudos de estoque e dinâmica das florestas (VOGEL et al., 2013), visando a redução de gás carbônico na atmosfera, a amenização das mudanças climáticas e a proteção de outros serviços ecossistêmicos (BOMBELLI et al., 2009).

Tendo em vista a escassez de estudos relacionados à quantificação de biomassa em Floresta Estacional Decidual, e considerando o contexto exposto anteriormente, este trabalho teve como objetivo estimar a biomassa acima do solo de espécies arbóreas presentes em um fragmento de Floresta Estacional Decidual, e verificar as correlações entre as variáveis dendrométricas e alométricas obtidas.

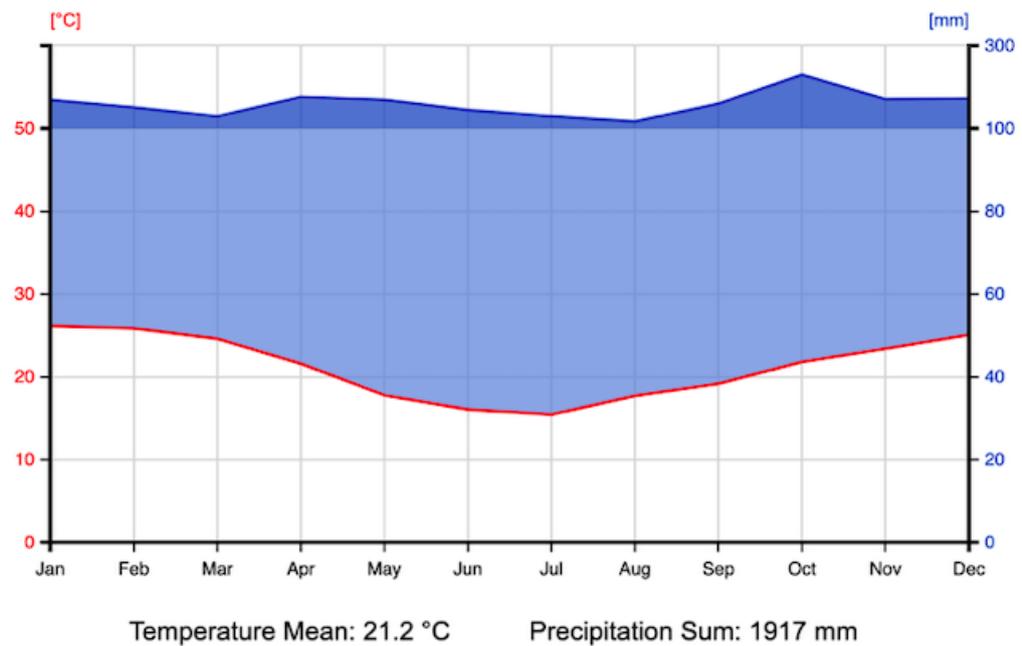
2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em um fragmento da Floresta Estacional Decidual com uma área de aproximadamente de 56 há, situado no Município de Frederico Westphalen, na região noroeste do Rio Grande do Sul. O Fragmento localiza-se nas áreas da Universidade Federal de Santa Maria e do Instituto Federal Farroupilha, com coordenadas geográficas 27°23'45" S e 53°25'53" O, altitude em torno de 500 m e relevo suave-ondulado.

Conforme a classificação de Köeppen, o clima regional é do tipo Subtropical úmido (Cfa), caracterizado por chuvas bem distribuídas durante o ano e ausência de estação seca (ALVARES et al., 2013). A Figura 1 apresenta o climograma regional, construído com série de dados no intervalo de 1990-2019. Os solos predominantes na região são do tipo Latossolos Vermelhos Distroférricos pelo sistema brasileiro de classificação de solos (IBGE, 2002; EMBRAPA, 2018).

Para este estudo foram utilizados dados provenientes de nove parcelas permanentes com área 1000 m² cada, com dimensões de 20 m de largura e 50 m de comprimento, com orientação do maior comprimento no sentido Leste-Oeste, distribuídas de forma aleatória na área. A coleta dos dados foi realizada no ano de 2006.

Figura 1 – Climograma regional da área de estudo.



Fonte: (ZEPNER et al.,2020).

Em cada parcela foram medidas e identificadas as árvores com diâmetro a altura do peito (DAP) \geq a 5 cm, mensurado com o auxílio de fita métrica; altura total (ht) e altura comercial (h_c) em metros, mensuradas com Hipsometro Vertex VI; e posição sociológica das árvores sendo classificadas como: Estrato inferior: $ht \leq 7$ m; Estrato intermediário: $7 \text{ m} < ht \leq 18$ m; Estrato superior: $ht > 18$ m. Os indivíduos foram identificados *in loco*, aqueles que não foram identificados foram coletados materiais botânicos para posterior identificação. Para identificar os referidos materiais valeu-se das coleções do herbário do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria *Campus* Frederico Westphalen, pesquisas bibliográficas e especialistas na área.

Para a quantificação da biomassa acima do solo foram selecionadas as 15 espécies que apresentaram os maiores índices de valor de importância (IVI%) estabelecidas no local. Já a massa específica da madeira foi obtida através de revisões de literaturas e pesquisas na área.

A estimativa da biomassa acima do solo (BAS) foi realizada usando-se a metodologia proposta por Chave et al. (2005), onde as variáveis mais importantes para a determinação da biomassa são: o diâmetro a altura do peito, a massa específica da madeira, a altura total e a tipologia florestal. Desta forma optou-se por

determinar a biomassa por meio da utilização do pacote BIOMASS (RÉJOU-MECHAIN et al., 2017) com base no modelo algébrico de Chave et al. (2014):

$$BAS = 0,0673 * (wp * H * DAP^2)^{0,976}$$

Sendo: BAS = Biomassa acima do solo em Mg; DAP = Diâmetro à altura do peito em cm; H = Altura em m; wp = Massa específica da madeira em g/cm³.

Após a estimativa da BAS, os resultados foram estratificados quanto à biomassa por espécies, biomassa por posição sociológica e biomassa por parcela. Além disso, foi utilizada a correlação de Pearson ao nível de 5% de significância para verificar a relação entre as variáveis por meio do pacote CORRPLOT.

Por fim, os dados foram submetidos a Análise de Componentes Principais (PCA) para identificar o percentual significativo da explicação da variação total dos dados, bem como, as interações entre as variáveis e indivíduos mensurados. Para isso, utilizou-se dos pacotes FACTOMINER (LÊ; JOSSE; HUSSON, 2008), FACTOEXTRA (KASSAMBARA e MUNDT, 2020), METAN (OLIVOTO e LÚCIO, 2020) e GGLOT2 (WICKHAM, 2016). Todo o processamento dos dados foi realizado pelo software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na área de estudo foram mensuradas 1100 árvores, pertencentes a 78 espécies. As características dendrométricas e alométricas das 15 espécies com maior valor de importância podem ser visualizadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características dendrométricas e alométricas das 15 espécies com maior valor de importância na área avaliada.

(continua)						
Espécie	N	DAP	H	HC	wp	BAS
<i>Apuleia leiocarpa</i>	12	29,38 (±21,52)	17,08 (±6,92)	9,83 (±4,81)	0,76	12,66 (±1,37)
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	18	24,06 (±16,63)	18,23 (±8,35)	9,87 (±3,38)	0,70	13,77 (±1,30)

Tabela 1 – Características dendrométricas e alométricas das 15 espécies com maior valor de importância na área avaliada.

Espécie	N	DAP	H	HC	wp	(conclusão)
						BAS
<i>Cabralea canjerana</i>	17	27,29 (±24,81)	14,26 (±8,49)	7,14 (±3,19)	0,54	14,96 (±1,55)
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	18	16,66 (±10,51)	9,96 (±3,91)	5,4 (±3,02)	0,70	3,69 (±0,38)
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	6	30,70 (±13,60)	20,2 (±3,92)	8,77 (±2,09)	0,80	6,06 (±1,09)
<i>Eugenia rostrifolia</i>	31	15,05 (±11,80)	10,47 (±4,96)	5,17 (±2,13)	0,69	7,02 (±0,50)
<i>Eugenia schuechiana</i>	74	6,50 (±1,49)	5,43 (±2,25)	2,52 (±1,48)	0,86	1,04 (±0,02)
<i>Gymnanthes concolor</i>	157	6,87 (±1,59)	6,06 (±1,48)	2,7 (±1,05)	0,55	1,56 (±0,01)
<i>Holocalyx balansae</i>	11	45,11 (±41,98)	16,82 (±6,93)	7,35 (±4,01)	0,92	44,59 (±6,50)
<i>Machaerium paraguariense</i>	9	28,50 (±23,70)	15,78 (±7,51)	7,62 (±5,38)	0,72	11,26 (±2,51)
<i>Nectandra megapotamica</i>	42	27,07 (±20,62)	13,43 (±6,49)	6,99 (±3,86)	0,47	23,19 (±1,03)
<i>Pilocarpus pennatifolius</i>	44	8,68 (±2,76)	8,34 (±2,30)	3,93 (±1,87)	0,74	1,36 (±0,02)
<i>Sorocea bonplandii</i>	84	7,56 (±2,87)	6,11 (±1,82)	3,27 (±1,26)	0,64	1,39 (±0,02)
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	22	22,96 (±13,71)	16,77 (±7,07)	9,47 (±3,77)	0,41	7,67 (±0,45)
<i>Trichilia clausenii</i>	110	12,25 (±5,81)	9,26 (±3,50)	4,21 (±2,47)	0,71	8,97 (±0,11)
Total	655	20,58	12,55	6,28	-	159,19

N = Número de indivíduos; DAP = Diâmetro à altura do peito em cm; H = Altura em m; HC = Altura comercial em m; wp = massa específica da madeira em g/cm³; BAS = Biomassa acima do solo em Mg. Valores entre parênteses indicam o desvio padrão.

A estimativa da biomassa acima do solo na área avaliada foi de 159,19 Mg/0,9 ha (176,87 Mg/ha). A estimativa assemelha-se a observada por Lima, Villela e Manzatto (2008), de 166,336 Mg/ha em estudo realizado em área de Mata Atlântica fluminense com nível de inclusão de DAP ≥ 5 cm.

A avaliação da biomassa em florestas nativas no sul do Brasil, como a realizada por Oliveira et al. (2016), revela que as estimativas tendem a retornar valores próximos em formações vegetais similares. Neste caso, o autor obteve 168,20 Mg/ha, sugerindo que equações alométricas utilizadas para biomas específicos podem conduzir a resultados pertinentes.

A biomassa vertical do fragmento estudado já foi avaliada através do método destrutivo por Balbinot et al. (2017). O autor realizou a mensuração de 3 parcelas de 12x12 m (144 m²), efetuando a derrubada de todas as árvores, incluindo as com diâmetro ≤ 5 cm. Por meio da pesagem do material, obteve a biomassa de cada parte das plantas, chegando a um valor médio para a biomassa do fuste de 178,26 Mg/ha.

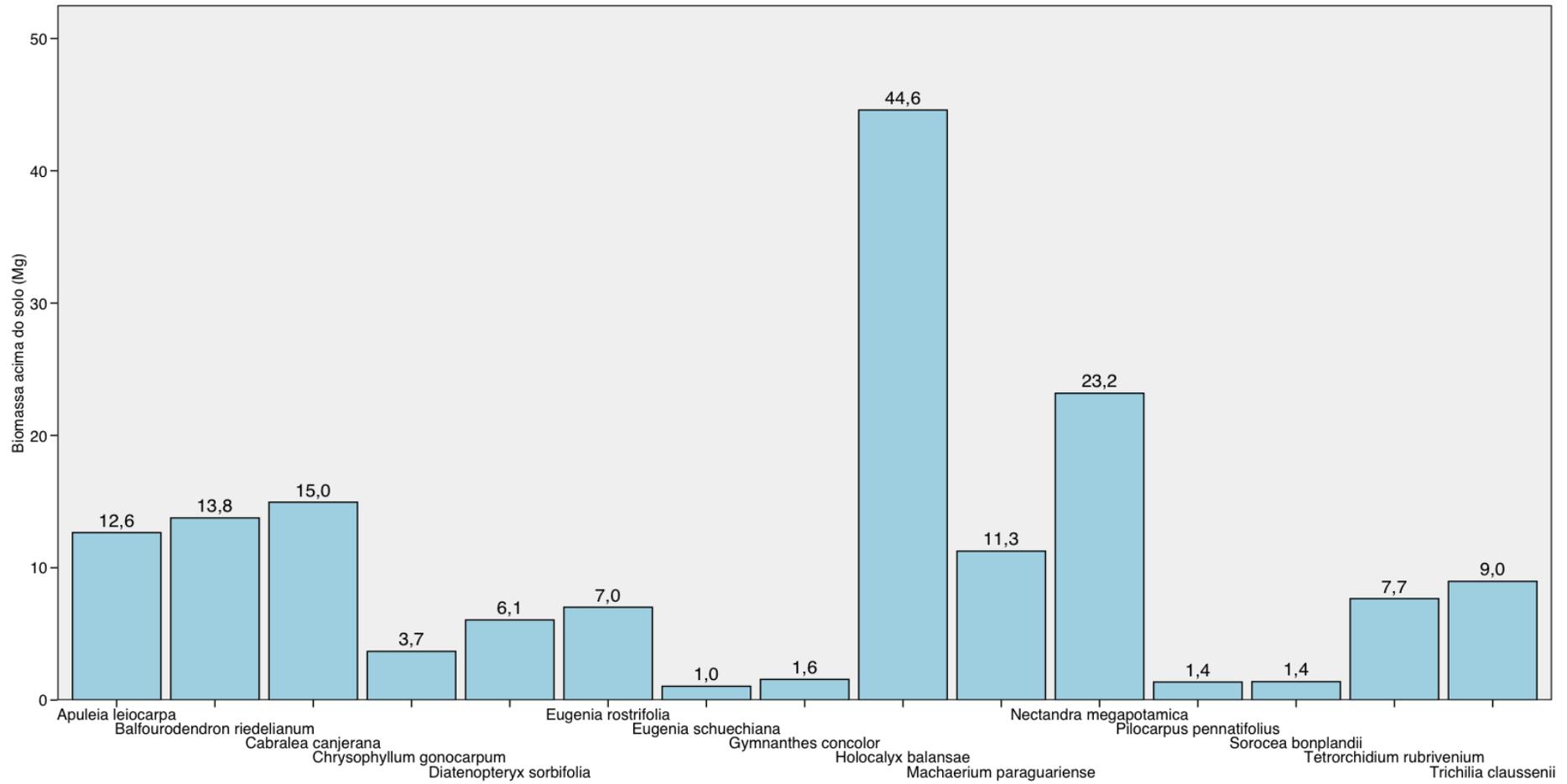
A proximidade entre os resultados obtidos mostra que ambos os métodos poderiam ser utilizados com segurança para realizar o levantamento destas informações, visto que, o modelo proposto por Chave et al. (2005), através da utilização de fatores que refletem as características climáticas do local onde é aplicado, tornou-se a equação mais precisa para estimativa da biomassa florestal (LIMA, 2015).

Dentre as 15 espécies de maior índice de valor de importância avaliadas, *Holocalyx balansae* foi a que apresentou maior biomassa acima do solo (Figura 2), mesmo não dispondo de um grande número de indivíduos. Este resultado está diretamente ligado a dominância da espécie na área, sendo que a mesma apresentou o segundo maior valor dentre as espécies avaliadas (11,83%), apesar da sua baixa densidade (1,03%).

Analisando características como altura total e diâmetro a altura do peito mensurados, nota-se que os valores observados para a espécie se encontram entre os maiores quando comparados com as demais espécies avaliadas. A espécie apresentou valor médio para DAP de 45,1 cm, sendo observados valores de até 122,5 cm. Além disso, a massa específica básica correspondente para esta espécie é, em média, de 0,92 g/cm³ (ZANNE et al., 2009), que pode ser considerado um valor alto para este atributo, e contribui para o resultado obtido. De acordo com Sausen et al. (2014), em florestas nativas, a ocorrência de espécies de grande porte é o fator determinante no aumento do estoque de biomassa.

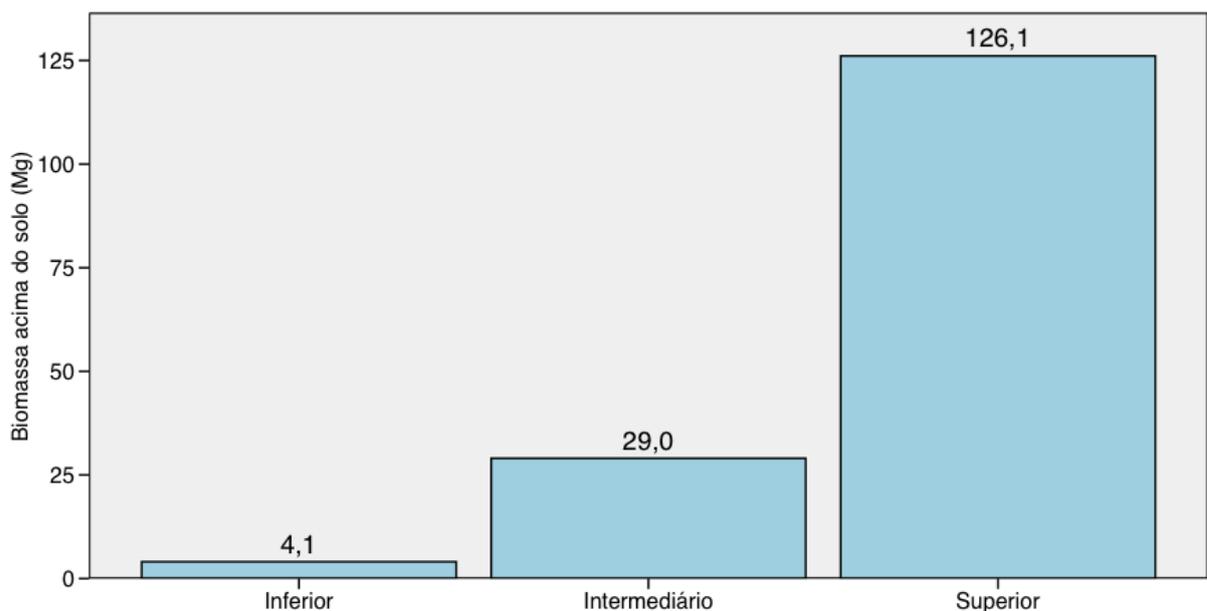
Nectandra megapotamica, espécie classificada com a segunda maior biomassa, apresentou estimativa total de 23,2 Mg/0,9 ha (25,75 Mg/ha), valor próximo ao encontrado por Oliveira et. al. (2016) de 20,20 Mg/ha. Barreto et al. (2014), avaliando *N. megapotamica* em um fragmento urbano de Floresta Ombrófila Mista, obtiveram 22,4 Mg/ha. Nota-se que a espécie exerce forte influência sobre a biomassa de fragmentos florestais.

Figura 2 – Estimativa de biomassa acima do solo por espécie na área do fragmento.



A distribuição da biomassa acima do solo por posição sociológica mostra que as espécies do estrato superior apresentaram os maiores valores. No estrato, composto por árvores com mais de 18 m de altura, observou-se 126,1 Mg/0,9 ha (140,12 Mg/ha) (Figura 3).

Figura 3 – Quantidade de biomassa acima do solo por posição sociológica das árvores presentes no fragmento.



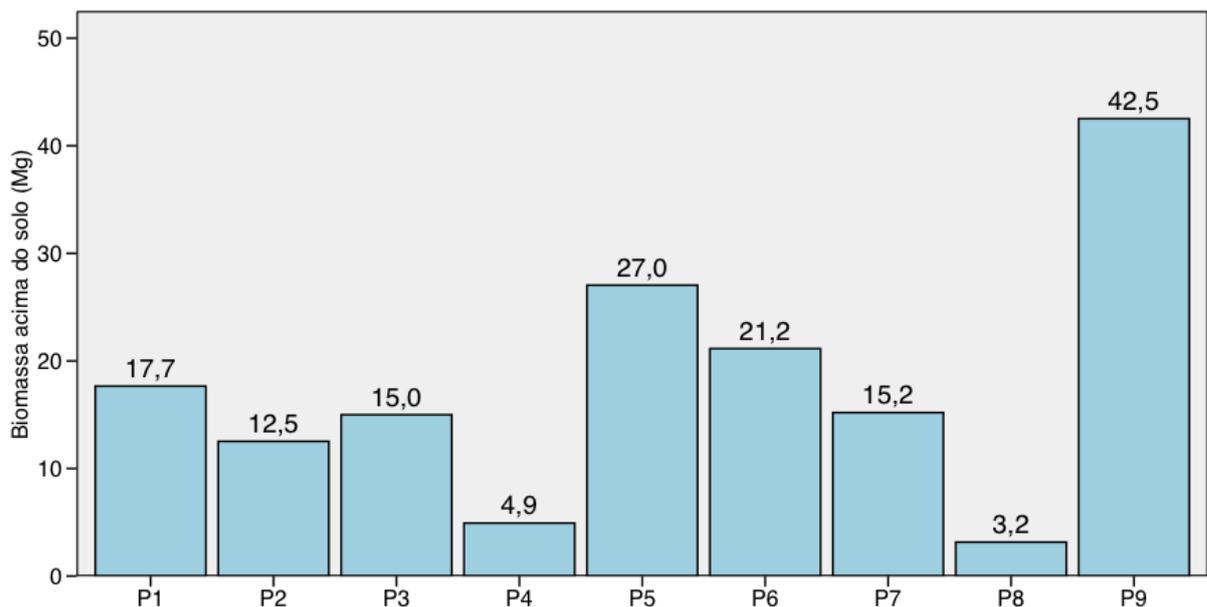
Watzlawick et al. (2021) ao analisarem a distribuição de biomassa total para uma Floresta Ombrófila Mista no Paraná, utilizando para estrato superior plantas com alturas superiores a 13,3 m, estrato intermediário com alturas entre 5,7 e 13,3 m, e o estrato inferior com alturas inferiores a 5,7 m de alturas, obtiveram uma distribuição semelhante à do presente estudo. Segundo os autores, a distribuição se deve ao fato de no estágio mais avançado ocorrerem indivíduos de maior diâmetro e proporções, enquanto que nos estágios inferiores ocorrem indivíduos com menores diâmetros e proporções, apesar de possuírem uma maior densidade de plantas por hectare.

Outro fator importante para se destacar é que na área estudada, a posição sociológica superior apresenta menos indivíduos que as demais, entretanto engloba

45,5% dos indivíduos da espécie *Holocalyx balansae*, responsável pela maior biomassa entre as espécies e provável contribuinte para esse resultado.

Dentre as parcelas mensuradas, ocorreu grande amplitude de valores para a biomassa, especialmente entre as parcelas P9 e P8 (Figura 4). A variação pode ser explicada quando se pondera que, numa mesma fisionomia, podem ocorrer diferenças no estoque de biomassa devido à influência de fatores como interferência antrópica, variações edafoclimáticas, composição florística e constituição dos estratos (DELITTI; MEGURO; PAUSAS, 2006).

Figura 4 – Quantidade de biomassa acima do solo por parcelas avaliadas no fragmento.



A grande variação nos valores estimados para cada parcela se deve ao fato de as florestas nativas possuírem grande diversidade de espécies, com diversos tamanhos, tipos de fuste e massa específica da madeira, sendo que com frequência encontram-se árvores tortas ou com fuste pequeno e copas grandes (VOGEL, et al. 2013).

Os maiores valores de biomassa foram verificados nas parcelas P9 (42,5 Mg/0,9ha ou 47,24 Mg/ha) e P5 (27,0 Mg/0,9ha ou 30,04 Mg/ha). A P9 se destaca pela presença do maior número de indivíduos, sendo 133 no total. Já a parcela P5 apresenta apenas 41 indivíduos, entretanto estes se destacam através dos parâmetros obtidos, sendo massa específica média de 0,68 g/cm³, e altura média de 10,3 m. Ainda, a parcela P5 apresenta o maior diâmetro médio entre todas as avaliadas, com 18 cm.

Considerando as parcelas P4 e P8, nas quais observou-se a menor quantificação de biomassa, nota-se algumas características especiais. Na parcela P8 foram descritos apenas 30 indivíduos, sendo 16 exemplares da espécie *Gymnanthes concolor* e 4 da espécie *Trichilia claussenii*, ambas com características de portes menores, além de serem pertencentes ao grupo ecológico das secundárias tardias. A área de estudo sofreu ação antrópica no passado, esclarecendo o grau de regeneração em que se encontra (GEORGIN et al. 2015), evidenciado pelo desenvolvimento destas espécies.

Já na parcela P4, foram catalogados 110 indivíduos, sendo que as espécies *Gymnanthes concolor*, *Eugenia schuechiana* e *Trichilia claussenii* representaram 77 destes. O diâmetro médio das 3 espécies na parcela foi de 6,96 cm, 6,74 cm e 11,54 cm, e as alturas médias foram de 5,18 m, 4,53 m e 7,76 m, respectivamente. Apesar do grande número de indivíduos presentes, os mesmos tinham dimensões pequenas e por isso colaboraram pouco para a quantificação da biomassa.

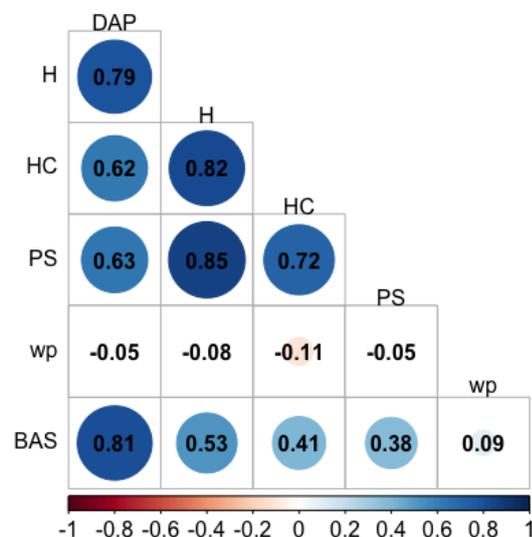
Desta forma, nota-se que a densidade de árvores em uma área não é um parâmetro que pode ser relacionado de forma isolada com a quantificação de biomassa. Poucas árvores que apresentem diâmetros maiores que 40 cm podem modificar completamente o acúmulo desta variável (CHAVE et al. 2001). Da mesma forma, a presença de muitas plantas com dimensões menores pode influir pouco sobre a biomassa.

A variação da biomassa está relacionada, além da idade, com as características de cada espécie (HOPPE; WITSCHORECK; SCHUMACHER, 2006). Quando se avalia a distribuição das espécies com relação a sua dominância na área, nota-se que as espécies com maiores valores, como *Nectandra megapotamica* e *Holocalyx balansae*, também são as que possuem as maiores quantificações de

biomassa. Desta forma, fica evidenciando que este parâmetro pode ter maior relação com a biomassa do que a densidade das espécies na área.

A análise entre as variáveis alométricas e dendrométricas demonstrou correlações significativas e positivas para a maioria das variáveis (Figura 5). A biomassa total acima do solo foi fortemente correlacionada com DAP (0,81) e medianamente correlacionada com a altura (0,53). Essa alta correlação entre a biomassa acima do solo das árvores e o diâmetro era esperada, pois fustes maiores correspondem a valores superiores de biomassa (TRAUTENMÜLLER, 2019).

Figura 5 – Correlação entre as variáveis avaliadas no estudo.



Quadrados de coloração branca sem círculos coloridos indicam Correlação de Pearson não significativa ($P > 0,05$).

Trautenmüller (2019), estudando as correlações e estimadores de biomassa acima do solo em florestas no sul do Brasil, obteve elevada correlação entre o DAP e a biomassa acima do solo ($r = 0,93$). Ainda como resultado, o autor obteve correlação de 0,49 entre altura total e biomassa. Apesar das diferentes metodologias utilizadas para obtenção dos valores de biomassa nos dois estudos, os valores de correlação foram bastante próximos. Este resultado está ligado ao fato de as áreas serem

semelhantes, sendo que ambas se localizam na mesma região, e um dos fragmentos estudados pelo autor é o mesmo analisado no presente estudo.

A Análise de Componentes Principais foi realizada extraindo apenas dois componentes que explicam 78,8% da variação ocorrida entre os dados (eixo 1 = 60,9%; eixo 2 = 17,9%). As componentes são obtidas por:

$$CP1 = 0.47055257 * DAP + 0.49413779 * H + 0.44275729 * HC + 0.44513897 * PS - 0.03596379 * wp + 0.37273585 * BAS.$$

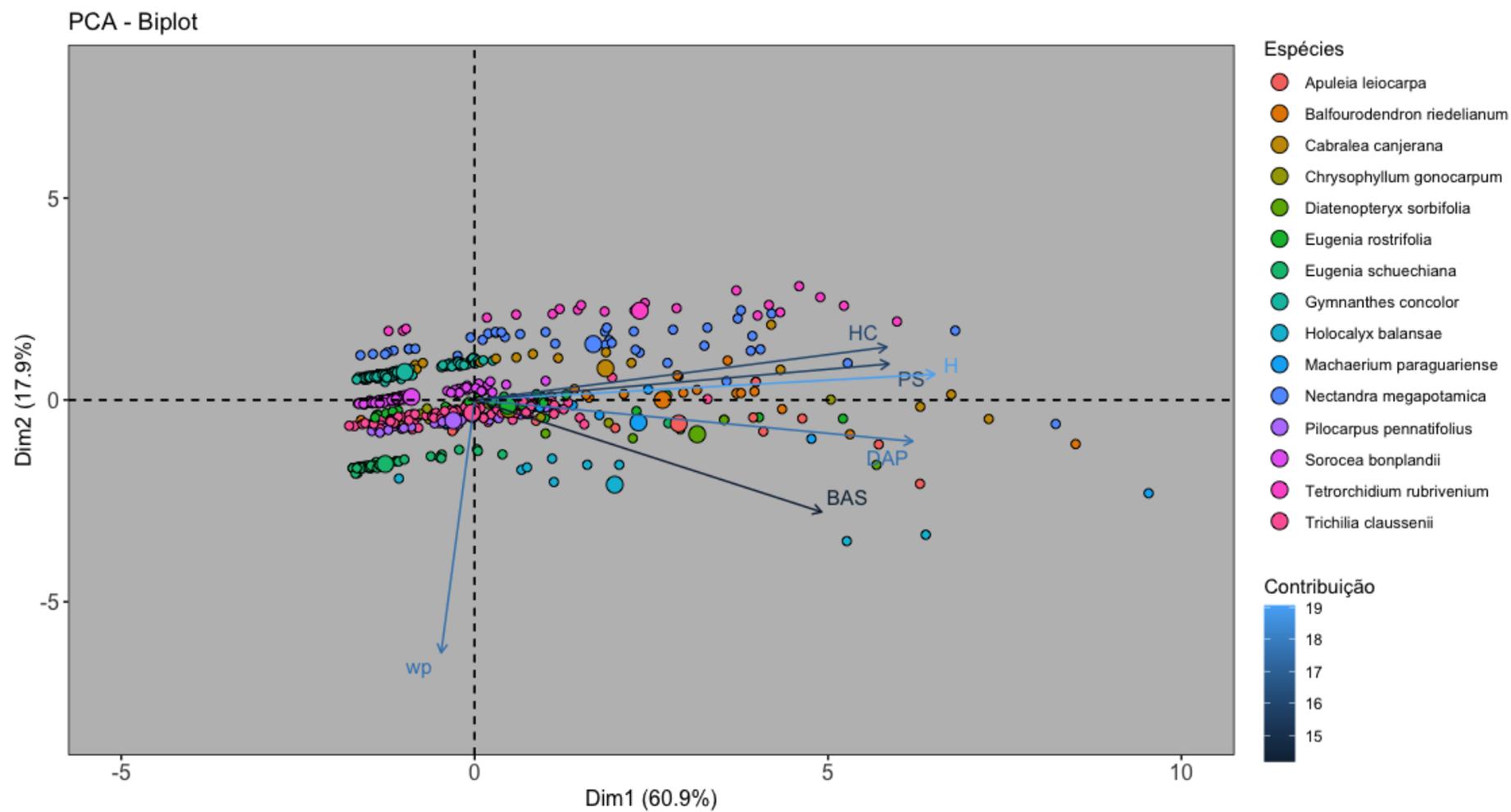
$$CP2 = -0.14386257 * DAP + 0.08929416 * H + 0.18370764 * HC + 0.12516925 * PS - 0.87776562 * wp - 0.38915523 * BAS$$

As variáveis dendrométricas que apresentaram maior correlação com o eixo da componente 1 foram DAP e altura. Assim, fica evidenciado que, neste eixo, as espécies se distribuem ao longo de um gradiente funcional associado ao diâmetro e altura de seus fustes, sendo que a direita se encontram as que apresentaram indivíduos de grande porte, como *Holocalyx balansae* e *Apuleia leiocarpa*, e do lado esquerdo, espécies com estruturas menores, como *Eugenia schuechiana*.

A forte correlação da variável H com os eixos, também foi obtida por Schlickmann et al. (2019) em Floresta Ombrófila Mista. A condição pode ser explicada através das variações ecológicas ocorridas na floresta, especialmente em áreas que sofreram ação antrópica, visto que a distribuição das árvores no perfil vertical está associada a competição por luz no interior do dossel. Ainda, infere a característica dos grupos sucessionais a que as plantas pertencem, já que áreas de clareira tendem a ser ocupadas por espécies pioneiras, que comumente não atingem portes muito elevados.

A correlação dos aspectos analisados com os eixos pode ser visualizada na Figura 6. Ângulos formados na interação entre duas variáveis que resultem valores próximos de 90° indicam pouca correlação, ângulos agudos representam correlações positivas, e ângulos obtusos representam correlação negativa.

Figura 6 – Componentes principais e suas correlações com as variáveis avaliadas.



Desta forma, a variável massa específica (wp) mostrou pouca interação com a biomassa, enquanto a variável DAP apresentou forte correlação com a mesma. Apesar de apresentar baixa correlação com a biomassa, a variável massa específica da madeira ofereceu contribuição aos eixos das componentes de forma considerável.

4 CONCLUSÃO

A biomassa cima do solo das espécies arbóreas presentes no fragmento totalizou 176,87 Mg/ha. As espécies *Holocalyx balansae* e *Nectandra megapotamica* apresentaram os maiores valores dentre as avaliadas.

A biomassa total acima do solo teve maior correlação com as variáveis DAP altura, sendo que as mesmas ofereceram as maiores contribuições aos eixos da análise de componentes principais. A massa específica da madeira apresentou baixa correlação com a biomassa, entretanto, expressou forte contribuição aos eixos.

Estudos futuros para determinação da biomassa cima do solo podem centrar suas mensurações nas variáveis altura, diâmetro e massa específica.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. Ilhéus, BA: Editus, 2016, 200 p. 3ª edição. Disponível em: <<https://static.scielo.org/scielobooks/8xvf4/pdf/almeida-9788574554402.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2021.
- BALBINOT, R. et al. **Vertical distribution of aboveground biomass in a Seasonal Deciduous Forest**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.12, n.3, p.361-365, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.5039/agraria.v12i3a5448>>. Acesso em 23 jul. 2021.
- BARRETO, T. G. et al. **Dinâmica da biomassa e do carbono em fragmento urbano de Floresta Ombrófila Mista**. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 2014. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/Dinamica%20da%20biomassa.pdf>>. Acesso em 30 jul. 2021.
- BOMBELLI, A. et al. **Biomass**. Assessment of the status of the development of the standards for the Terrestrial Essential Climate Variables. Roma, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/237196758_BIOMASS_Assessment_of_the_status_of_the_development_of_the_standards_for_the_Terrestrial_Essential_Climate_Variables>. Acesso em: 17 mar. 2021.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento. **Florestas do Brasil em Resumo: 2019**. Serviço Florestas Brasileiro. Brasília: MAPA/SFB, 2019. Disponível em: <<https://www.florestal.gov.br/publicacoes/1737-florestas-do-brasil-em-resumo-2019>>. Acesso em: 17 mar. 2021.
- CHAVE, J. et al. **Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests**. Oecologia 145, 87–99 (2005). Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>>. Acesso em: 05 ago. 2021.
- CHAVE, J. et al. (2014). **Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees**. Global Change Biology, 20: 3177-3190. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>. Acesso em: 21 jul. 2021.
- CHAVE, J., RIÉRA, B., DUBOIS, M. (2001). **Estimativa de biomassa em uma floresta neotropical da Guiana Francesa**: Variabilidade espacial e temporal. Journal of Tropical Ecology, 17 (1), 79-96. doi: 10.1017 / S0266467401001055.
- DELITTI, W.B.C.; MEGURO, M.; PAUSAS, J.G. **Biomass and mineralmass estimates in a "Cerrado" ecosystem**. Brazilian Journal of Botany, v. 29, n. 4, p. 531-540, 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbb/a/GMwD8qs9wKxwKLrhQH6FBsK/?lang=en>>. Acesso em: 30 jul. 2021.

GEORGIN, J.; et al. **Aspectos florísticos e fitossociológicos de uma Floresta Estacional Decidual, na região do Alto Uruguai – RS.** Revista Eletrônica Em Gestão, Educação E Tecnologia Ambiental Santa Maria, V. 19, N 2. 1, mai-ago. 2015, p.1400-1412. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – Ufsm ISSN :2236 1170. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/16885/pdf>>. Acesso em 28 ago. 2021.

HOPPE, J.M.; WITSCHORECK R.; SCHUMACHER, M.V. **estimativa de biomassa em povoamento de *Platanus X Acerifolia* (Aiton) Willd. estabelecido no município de Dom Feliciano, RS.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 463-471, 2006. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/1928/1170>>. Acesso em 28 ago. 2021.

KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. **Package ‘factoextra’: extract and visualize the results of multivariate data analyses.** 2020. Disponível em:

<<https://rpkgs.datanovia.com/factoextra/index.html>>. Acesso em: 09 ago. 2021.

LÊ, S.; JOSSE, J.; HUSSON, F. **FactoMineR: an R package for multivariate analysis.** Journal of Statistical Software. March 2008, Volume 25, Issue 1.

Disponível em: <file:///C:/Users/magazine/Downloads/article_FactoMineR.pdf>.

Acesso em 31 jul. 2021.

LIMA, J. A. S. **Estimativas da biomassa acima do solo de florestas secundárias da área de proteção ambiental Rio Macacu (RJ).** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 28 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892; 163). Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/36066/1/Bol-PD-163.pdf>>.

Acesso em: 17 mar. 2021.

LIMA, J. A. S.; VILLELA, D. M.; MANZATTO, C. V. **Biomassa arbórea em fragmentos da Mata Atlântica fluminense.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 21 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892; 127). Disponível em:

<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/328546/1/bpd127biomassaarborea.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2021.

LIMA, R. C. **Equações para estimativas de biomassa de uma Floresta Tropical Úmida do Amapá.** Dissertação (mestrado em ciências florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2015. 50 p. Disponível em:

<http://www.ppgcf.ufrpe.br/sites/www.ppgcf.ufrpe.br/files/documentos/robson_carmo_lima.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2021.

OLIVEIRA, M. et al. **Biomassa e estoques de carbono em diferentes sistemas florestais no sul do Brasil.** PERSPECTIVA, Erechim. v. 40, n.149, p. 09-20, março/2016. Disponível em:

<https://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/149_542.pdf>. Acesso em 23 jul. 2021.

OLIVOTO, T; LÚCIO, A. D. **Metan: um pacote R para análise de teste em vários ambientes**. *Methods Ecol Evol.* 2020; 11: 783 - 789. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/2041-210X.13384>>. Acesso em 28 ago. 2021.

PARRON, L. M. et al. **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Livro científico. Brasília: Embrapa, 2015. 370p. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1024082>>. Acesso em 29 mar. 2021.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. 2020. Available at: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

RÉJOU-MÉCHAIN, M. et al. (2017). **Biomass: an R package for estimating above-ground biomass and its uncertainty in tropical forests**. *Methods Ecol Evol*, 8: 1163-1167. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/2041-210X.12753>>. Acesso em: 08 jul. 2021.

RIBEIRO, S. C. et al. **Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais**. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.33, n.5, p.917-926, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rarv/v33n5/v33n5a14>> Acesso em: 17 mar. 2021.

SAUSEN, T. L. et al. **Clay content drives carbon stocks in soils under a plantation of *Eucalyptus Saligna* Labill. in southern Brazil**. *Acta Botanica Brasilica* 28(2): 266-273. 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/ij/abb/a/gr5FVLcwRTv3jcLhRCXBFXD/?lang=en>>. Acesso em: 31 ago. 2021.

SCHLICKMANN, M. B. et al. **Traços funcionais e performance de espécies arbóreas em uma Floresta Ombrófila Mista no Planalto Sul-Catarinense**. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 1592-1600, out./dez. 2019. ISSN 1980-5098. DOI: <<https://doi.org/10.5902/1980509834818>>. Acesso em: 08 ago. 2021.

TRAUTENMÜLLER, J. W. **Correlações e estimadores de biomassa acima do solo em florestas do sul do Brasil**. Tese (doutorado). Universidade Federal Do Paraná, Setor De Ciências Agrárias, Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Florestal. Curitiba, 2019. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/60280/R%20%20T%20%20JONATHAN%20WILLIAM%20TRAUTENMULLER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 30 jul. 2021.

VOGEL, H.; SCHUMACHER, M.; TRÜBY, P. **Quantificação da biomassa em uma Floresta Estacional Decidual em Itaara – RS, Brasil**. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.37, n.1, 99-105, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rarv/v37n1/v37n1a11.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2021.

WATZLAWICK, L. F.; GARCIA, M. L. **Estratificação vertical da biomassa arbórea na Floresta Ombrófila Mista em dois sistemas de manejo**. Capítulo 21 do livro: *Temas da Diversidade Experiências e Práticas de Pesquisa*. Publicado em: 04/01/2021. DOI:10.37885/201101962.

WICKHAM, H. **ggplot2: elegant graphics for data analysis**. Springer-Verlag, Nova York. 2016. ISBN 978-0-387-98140-6. DOI 10.1007 / 978-0-387-98141-3.

ZANNE, A.E. et al. (2009) **Global wood density database**. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>>. Acesso em: 17 jul. 2021.

ZEPNER, L. et al. **ClimateCharts.net – an interactive climate analysis web platform**. International Journal of Digital Earth, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/17538947.2020.1829112>>. Acesso em: 17 jul. 2021.