

Fragmentos de floresta ombrófila mista em diferentes estágios sucessionais: caracterização dendrométrica e determinação da biomassa e carbono

Fragments of Mixed Ombrophilous Forest in different successional stages: dendrometric characterization and determination of biomass and carbon

Victória Varela Silva^{1*} (ORCID 0000-0001-9507-8537), **Marcos Felipe Nicoletti**¹ (ORCID 0000-0003-4732-0119), **Mario Dobner Jr.**¹ (ORCID 0000-0001-7216-781X), **Douglas Rufino Vaz**¹ (ORCID 0000-0002-0021-7950), **Gustavo Silva Oliveira**² (ORCID 0000-0001-6486-2759)

¹Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, Brasil. *Autor para correspondência: vrvarela83@gmail.com

²Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

Submissão: 06/04/2023 | Aceite: 05/06/2023

RESUMO

O objetivo desse estudo foi quantificar as principais variáveis dendrométricas, a biomassa e o carbono estocado de fragmentos da Floresta Ombrófila Mista de diferentes níveis sucessionais, em diferentes estratos selecionados. O banco de dados utilizado foi obtido a partir do inventário realizado nos municípios de Campo Belo do Sul e Capão Alto (SC), em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista classificados como secundários (últimas intervenções em 1960) e primários (preservados durante o "ciclo da madeira"), seguindo a metodologia do Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina (IFFSC). A determinação do volume e biomassa foram realizadas por meio de equações da literatura, e o carbono determinado pela metodologia do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Para as características dendrométricas, o estudo demonstrou grande variação entre as sucessões e dentro dos estratos, o que se é esperado tratando-se de uma floresta com grande variedade de espécies, em que algumas diferenças podem ser indicativas de intervenções passadas. Em todas as variáveis, a *Araucaria angustifolia* possui grande participação na Floresta Primária, sendo bem menor na Secundária, sendo que o mesmo acontece para a espécie *Dicksonia sellowiana*. A partir desse estudo conclui-se que florestas secundárias se diferenciam das primárias tanto na florística quanto na estrutura, e mesmo em áreas consideradas primárias, como a desse estudo, vê-se que não atingem o estoque de estágios sucessionais avançados, possivelmente devido a intervenções anteriores ao histórico conhecido da área.

PALAVRAS-CHAVE: manejo florestal; araucária; crescimento.

ABSTRACT

The objective of this study was to quantify the main dendrometric variables, biomass and stored carbon of fragments of the Mixed Ombrophilous Forest of different successional levels, in different selected strata. The database used was obtained from the inventory carried out in the municipalities of Campo Belo do Sul and Capão Alto (SC), in fragments of Mixed Ombrophilous Forest classified as secondary (last interventions in 1960) and primary (preserved during the "wood cycle"), following the methodology of the Forest Floristic Inventory of Santa Catarina (IFFSC). The determination of volume and biomass were performed using equations in the literature, and carbon was determined by the methodology of the *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). For the dendrometric characteristics, the study showed great variation between the successions and within the strata, which is expected in the case of a forest with a great variety of species, in which some differences may be indicative of past interventions. In all variables, *Araucaria angustifolia* has a large participation in the Primary Forest, being much smaller in the Secondary, and the same happens for the species *Dicksonia sellowiana*. From this study it is concluded that secondary forests differ from primary forests both in floristics and structure, and even in areas considered primary, such as the one in this study, it is seen that they do not reach the stock of advanced successional stages, possibly due to interventions prior to the known history of the area.

KEYWORDS: forest management; araucaria; growth.

INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) tem o aspecto fitofisionômico caracterizado pela presença da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, uma das coníferas mais importante do Brasil, tanto ecológica quanto economicamente (HESS et al. 2014, DOBNER Jr. 2022). No Brasil, a área de ocorrência original era de aproximadamente 200.000 km², principalmente nos estados da região Sul e com manchas esparsas no Sudeste, em áreas de elevadas altitude (FIGUEIREDO FILHO et al. 2010, HESS et al. 2010). Dados citados por SEVEGNANI et al. (2013) apontaram que, no estado de Santa Catarina, a FOM cobria originalmente 42.851,56 km² do território e, atualmente, encontra-se apenas 13.741,3 km² de cobertura florestal remanescente, em sua grande maioria fragmentada.

A espécie *A. angustifolia* foi responsável por um importante ciclo econômico durante o século XX, quando sua madeira foi intensamente explorada (DOBNER JR et al. 2019), assim como a *Dicksonia sellowiana* Hook. que tinha seu cáudice utilizado para artesanato (GASPER et al. 2011). Esses fatores auxiliaram para a diminuição expressiva da área de ocorrência da formação, em conjunto com a ocupação e uso desordenado do solo (MELLO et al. 2003, HESS 2012, ORELLANA et al. 2014). Devido a esse cenário atual, ocorreu a proibição de manejo do bioma e de espécies como as citadas, consideradas como vulnerável e ameaçada de extinção pela lista brasileira de espécies da flora ameaçada de extinção, respectivamente. Ainda, mais recentemente, a *A. angustifolia*, foi considerada como criticamente em perigo (CR) na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas (Red List of Threatened Species) da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) (MELLO et al. 2003, PALUDO et al. 2009, GASPER et al. 2011).

Atualmente, segundo NICOLETTI et al (2020), os povoamentos do gênero *Pinus* vem sendo uma alternativa para evitar o esgotamento, principalmente da *A. angustifolia*. Em contrapartida, vê-se que a restrição do uso não é eficaz para a preservação da espécie, não sendo bem-vista perante os proprietários de terras e fazendo com que ocorra o desinteresse pela Floresta em que está inserida. A partir desse pensamento, os remanescentes de Floresta Ombrófila Mista poderiam ser manejados para fornecer bens e serviços para a população, além de madeira para fins industriais e outros produtos florestais não madeireiros (DALLA LANA et al. 2015). Com esse pensamento, seguindo uma tendência mundial de conservação por meio do uso sustentável, vários esforços estão em andamento para recuperar, conservar e utilizar racionalmente os benefícios advindos da Floresta (MACHADO et al. 2009, DOBNER Jr. 2022).

Para que um manejo possa acontecer, FARIAS et al. (2019) trouxeram a importância da determinação do volume como um ponto de partida para a avaliação do estoque de madeira, podendo ser obtido por meio de formas diretas e indiretas. Enquanto para MACHADO et al. (2009), no que diz respeito à implantação de projetos sustentáveis em florestas nativas, é necessário que se conheça a dinâmica, o potencial e a estrutura da floresta para o seu aproveitamento permanente. As características estruturais implicam no conhecimento das espécies, suas exigências ecológicas, distribuição e dimensões, definindo critérios de exploração que permitam uma alteração positiva no povoamento, sem riscos à biodiversidade (MELLO et al. 2003, MACHADO et al. 2009, DALLA LANA et al. 2015, ORELLANA et al. 2014).

Outro fator importante citado por MELO & DURIGAN (2006) seria de que, devido ao atual cenário das mudanças climáticas, aumentou-se a demanda por pesquisas que quantifiquem o potencial dos ecossistemas florestais em sequestrar carbono da atmosfera. Contudo, os diferentes tipos de formações florísticas armazenam diferentes quantidades de carbono associados a biomassa, em função dos estágios de sucessão, da idade, do regime de manejo e da composição de espécies (WATZLAWICK et al. 2004). Por este motivo, a biomassa florestal, assim como o carbono, que está em sua estrutura, tem sido estudada com diversos propósitos, entre os quais: a ciclagem de nutrientes, fins energéticos, avaliação do crescimento das florestas, na mitigação de impactos ambientais e para fins de manejo florestal, com grande importância para o equilíbrio ecológico (SANQUETTA et al. 2014).

O objetivo desse estudo foi quantificar as principais variáveis dendrométricas, a biomassa e o carbono estocado de fragmentos da Floresta Ombrófila Mista de diferentes níveis sucessionais, em diferentes estratos selecionados.

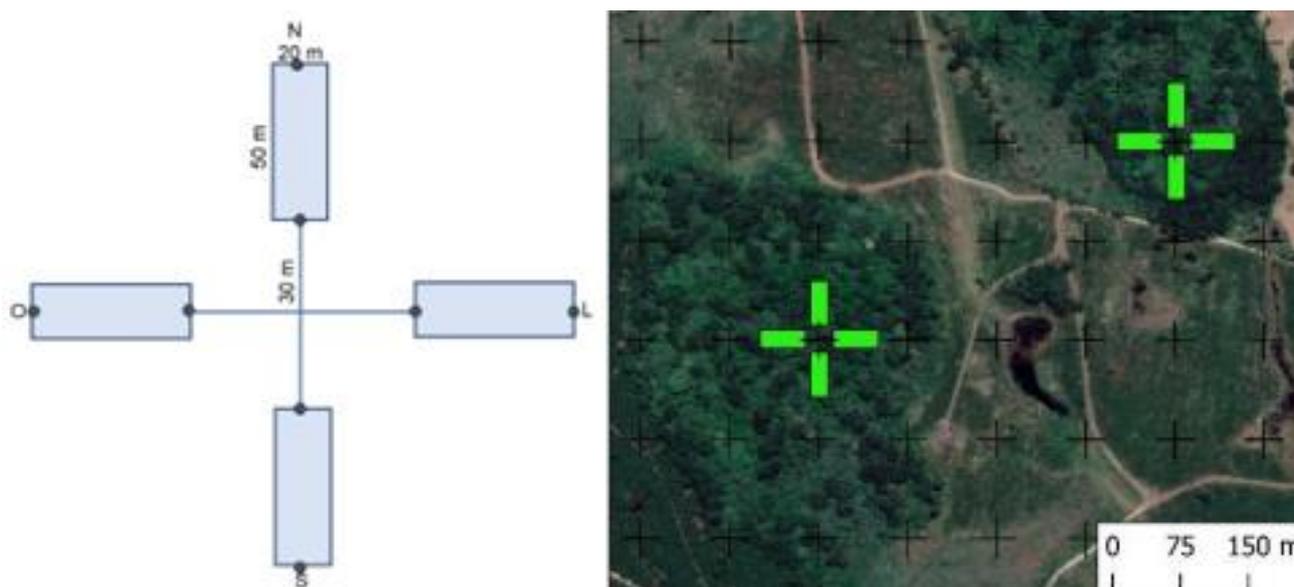
MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado nos municípios de Campo Belo do Sul (SC), a 27°53'57" S e 50°45'39" W, com 1017 m de altitude, e Capão Alto (SC), a 27°56'13" S e 50°30'43" W, com 1022 m de altitude. O clima da região, segundo Köppen, é classificado como clima Mesotérmico úmido (Cfb), com verões amenos, temperatura média de 14 °C e pluviosidade média anual de 1562 mm (ALVARES et al. 2013). Entre os 15

fragmentos analisados, esses foram classificados de acordo com seu histórico de intervenção, como: 5 de estágio secundário, sendo áreas com histórico mais recente de intervenções humanas em 1960, totalizando aproximadamente 50 anos de recuperação após exploração de madeira; e 10 de estágio primário, os quais não possuíam perturbações por um período maior de tempo, segundo proprietários, pois foram áreas escolhidas para serem preservadas já durante o “ciclo da madeira”, no século XX.

O inventário da área, que aconteceu entre o final de 2020 (novembro) e início de 2021 (março), abrangeu os indivíduos com Diâmetro à Altura do Peito (DAP) ≥ 10 cm, seguindo a metodologia do Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina (IFFSC) com conglomerados divididos em 4 parcelas retangulares de 1000 m² cada, alocados a partir de uma malha UTM sistemática sob os fragmentos, com longitude e latitude conhecidas (Figura 1). A medição do DAP ocorreu para todas as árvores inclusas nas determinações acima, já para a altura total e comercial foram medidas as 10 primeiras árvores de cada unidade amostral e todas as *A. angustifolia* das unidades.



Fonte: Adaptado de VIBRANS et al. (2011)

Figura 1. Modelo esquemático dos conglomerados e malha UTM sistemática.

Figure 1. Schematic model of conglomerates and systematic UTM mesh.

Para as análises foram considerados: o estágio de sucessão em Floresta Primária (FP) ou Secundária (FS); em conjunto com o estrato em somente a *Araucaria angustifolia* (FPA e FSA), Lenhosas - floresta não contabilizando Pteridófitas e incluindo a *A. angustifolia* (FPL e FSL), e Com Xaxim - floresta contabilizando a análise das lenhosas adicionando a espécie *D. sellowiana* (FPX e FSX).

Análise descritiva

A análise descritiva dos dados consistiu na determinação da média, mediana, máximo e mínimo, desvio padrão e coeficiente de variação (CV%) das variáveis DAP (cm), altura (m) e área basal (m²/ha) dos diferentes cenários analisados. Para melhor representação e interpretação, as variáveis foram transformadas em gráficos: boxplot (sem outliers para melhor visualização), de dispersão e em histograma de frequência, por meio da técnica de STURGES (1926).

Determinação do volume, biomassa e carbono

Na Tabela 1 estão descritas as equações encontradas na literatura, utilizadas para a determinação: do volume total e comercial, o último considerando o fuste até a inserção do primeiro galho e/ou bifurcação; e da quantificação da Biomassa Acima do Solo (BAS). As equações para *A. angustifolia* e lenhosas foram escolhidas por serem provenientes de estudos importantes no âmbito nacional e estadual (Inventário Florestal Nacional e Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina, respectivamente), e para a *D. sellowiana*, por ser de estudos recentes e de exemplares da região dessa presente pesquisa.

A determinação da biomassa foi realizada a partir da fórmula acima, também utilizada nos cálculos do IFFSC, em que determina toda a biomassa acima do solo (desconsiderando as raízes), utilizando as variáveis: massa específica básica (pbás), diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura (h) da árvore. Para a massa específica básica, utilizou-se: *A. angustifolia* - 0,480 g/cm³; Lenhosas da FOM - 0,523 g/cm³; e *D. sellowiana* - 0,170 g/cm³; os quais foram obtidos a partir da média dos valores de um banco de dados localizado no site do IFFSC para os dois primeiros valores, e dos estudos de ZIEMMER et al. (2016) para o

terceiro.

Tabela 1. Equações ajustadas de volume e biomassa encontradas na literatura para a espécie *Araucaria angustifolia*, lenhosas da FOM e *Dicksonia sellowiana*.

Table 1. Adjusted equations of volume and biomass found in the literature for the species *Araucaria angustifolia*, woody of MOF and *Dicksonia sellowiana*.

	<i>Araucaria angustifolia</i>	Lenhosas	<i>Dicksonia sellowiana</i>	Referência (respectivamente)
Volume Total (m³)	$v = 0,03840416 + 0,52239325 * DAP1002 * h * 0,82$	$v = \exp(-17,96 + 0,96 * \ln(DAP * \pi^2) + 0,76 * \ln h) * 1000$	$v = 0,0130 + 0,0001 * DAP^2 * h$	PÉLLICO NETTO (1984), PÉLLICO NETTO (1984), OLIVEIRA (2021)
Volume Comercial (m²)	$vc = 0,95 * 0,03840416 + 0,52239325 * DAP1002 * h * 0,82$	$vc = 0,95 * \exp(-17,96 + 0,96 * \ln DAP * \pi^2 + 0,76 * \ln hc) * 1000$	$v = 0,0130 + 0,0001 * DAP^2 * hc$	VIBRANS et al. (2015), VIBRANS et al. (2015), OLIVEIRA (2021)
Biomassa (kg)	$BAS = 0,0673 * pbás * DAP^2 * h * 0,976$			IFFSC (2022)

Sendo que: BAS = biomassa acima do solo (kg); DAP = diâmetro a altura do peito (cm); h = altura total do indivíduo (m); hc = altura comercial (m); pbás = densidade básica (g/cm³); v = volume (m³); e vc = volume comercial (m³).

Quanto a quantificação do carbono estocado, este foi determinado contabilizando 50% do total da biomassa de lenhosas, seguindo a metodologia do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), com exceção da *D. sellowiana*, que se considerou 40%, de acordo com ZIEMMER et al (2016).

Todos os cálculos e processamento dos dados foram realizados no Software R Core Team (2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as estatísticas (Figura 2), o estrato *A. angustifolia* da Sucessão Primária (FPA) obteve um DAP médio de 51,2 cm e coeficiente de variação de 50,5%, indicando que há grande diferença entre os indivíduos. Já na Sucessão Secundária (FSA), o valor diminui para 34,6 cm, variando 54,4%, com indivíduos de menores dimensões. Este fato pode ser explicado, especificamente para a *A. angustifolia*, devido a característica da espécie em possuir banco de plântulas, no qual as sementes que não são dispersas imediatamente pelos animais, acabam ficando próximo a planta-mãe e crescem em ambiente de competição (VIEIRA & LOB 2009), gerando indivíduos de pequeno porte. Em relação as Lenhosas de Floresta Primárias (FPL), a média do DAP foi de 25,7 cm para 21,3 cm na Floresta Secundária (FSL), com variação de 72,6% e 54,8%, respectivamente. Por sua vez, a Floresta Com Xaxim contou com uma média de 25,3 cm de DAP e coeficiente de variação de 50,5% para a Sucessão Primária (FPX), caindo para 21,3 cm a média do DAP e aumentando para 54,4% a variação da floresta para a Sucessão Secundária (FSX), o que se é esperado tratando-se de uma floresta com grande variedade de espécies.

A partir dos DAP máximos determinados, na Floresta Primária tem-se que a espécie com maior diâmetro (130,5 cm) e, conseqüentemente, que mais contribui para a área basal, seria uma *A. angustifolia*. No entanto, quando se analisou a mesma informação no estágio Secundário, vê-se que o DAP máximo para as *A. angustifolia* (93,0 cm) não se repete para as Lenhosas e para a floresta Com Xaxim (96,5 cm em ambas), concluindo que outra espécie lenhosa é responsável pela maior contribuição da área basal, podendo ser devido a um sítio de maior qualidade ou, até mesmo, significar uma árvore resquício da área antes das intervenções humanas (FIGUEIREDO FILHO et al. 2010, MELO & DURIGAN 2006).

Analisando os valores de alturas da floresta, o estrato *A. angustifolia* Primária (FPA) apresentou uma média de 21,0 m de altura, com amplitude de 9,1 a 38,3 m, resultando em um coeficiente de variação de 24,0%. No estágio Secundário (FSA), o valor da média diminuiu para 17,7 m, variando 22,3% com amplitude de 5,5 a 28,0 m, notando-se que a floresta ainda poderá crescer ainda mais em sua estrutura vertical. As Lenhosas de Floresta Primária (FPL) tiveram sua média em 14,5 m com variação de 26,1%, consequência da amplitude de 5,1 a 38,3 m. Já na floresta Secundária para as Lenhosas (FSL), o valor da média diminui para 13,6 m, aumentando a amplitude de 4,6 a 33,0 m, que e, conseqüentemente, o coeficiente de variação, para 22,8%. A partir desses dados da FSL, observa-se que a maior árvore em altura não é uma *A. angustifolia*, podendo ser outra espécie com mesmo potencial de crescimento (VIBRANS et al. 2011), tratando-se, nesse caso, de uma *Ocotea pulchella* (canela-lagena). Já no estrato com Xaxim, a floresta Primária (FPX) teve uma altura média de 14,3 m, coeficiente de variação de 30,9% e

amplitude de 1,4 a 38,3 m, divergindo da Secundária (FSX) com média de 13,6 m, variação de 23,2% e amplitude de 1,4 a 33,0 m, demonstrando uma diferença menor entre as sucessões ao adicionar a *D. sellowiana* nas análises.

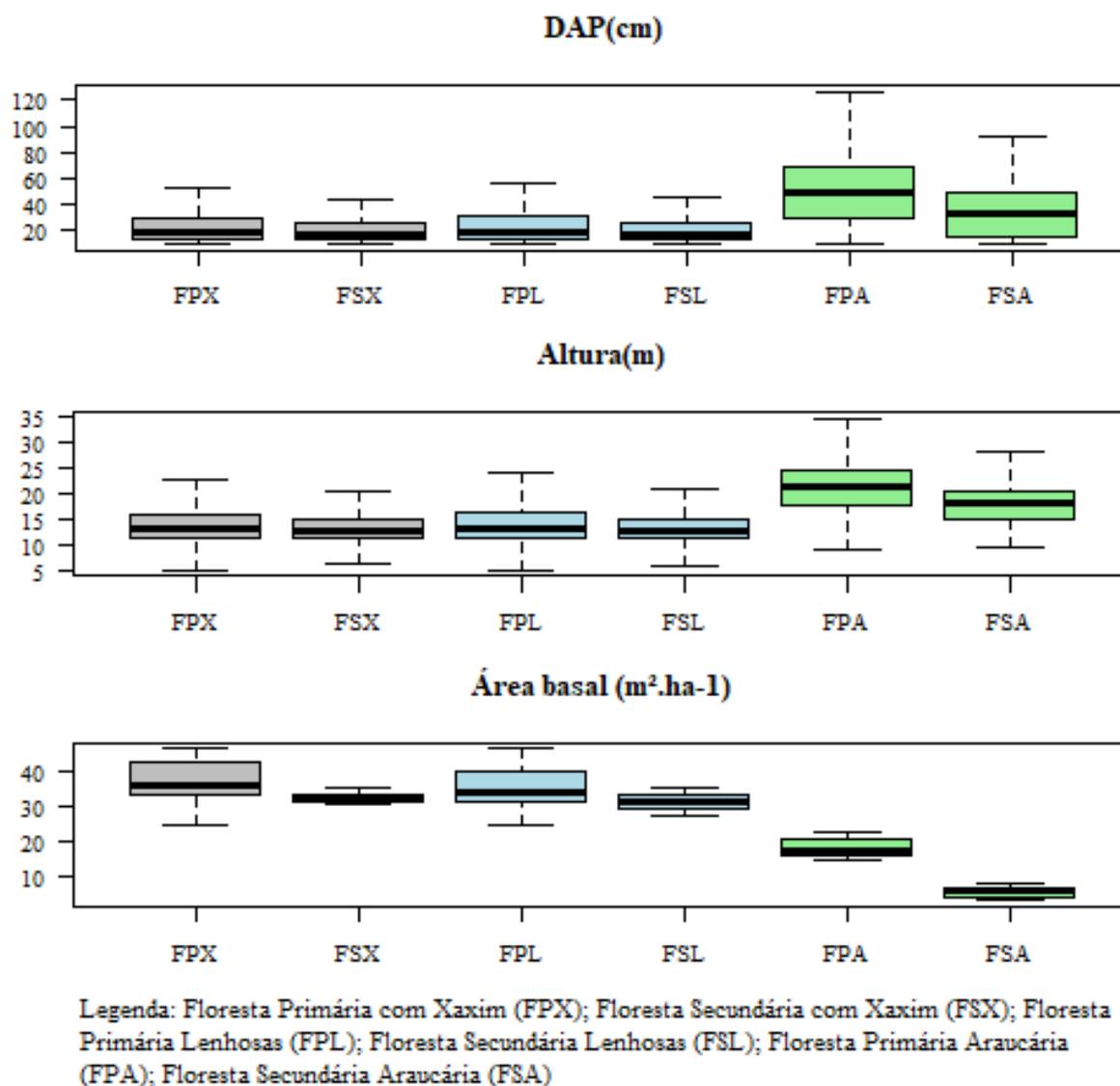


Figura 2. Gráficos boxplot das variáveis dendrométricas, relacionando diferentes divisões e estágio de sucessão da Floresta Ombrófila Mista (FOM) no Planalto Serrano de SC, sem a presença de outliers.

Figure 2. Boxplot graphs of dendrometric variables, relating different divisions and succession stage of the Mixed Ombrophylous Forest (MOF) in the Serrano Plateau of SC, without the presence of outliers.

Por fim, a área basal variou sua média de 19,3 m².ha⁻¹ (FPA) para 6,5 m².ha⁻¹ (FSA) da *A. angustifolia* Primária para a Secundária, variando também os máximos encontrados de 42,0 m².ha⁻¹ para 16 m².ha⁻¹, demonstrando que a presença de indivíduos grandes da espécie não é tão comum em florestas modificadas. Os coeficientes de variação foram, respectivamente, de 45,2% e 53,9%, com grande maioria das parcelas entre 10 e 20 m².ha⁻¹ de área basal na Primária e 0 e 8 m².ha⁻¹ na Secundária, podendo indicar diferentes qualidades de sítio ou níveis de perturbação (FIGUEIREDO FILHO et al. 2010). Quanto as Lenhosas, a sucessão Primária (FPL) resultou em: um máximo de 59,1 m²/ha, média 36,8 m².ha⁻¹ e uma variação de 26,1%. E na secundária (FSL): máximo de 42,3 m².ha⁻¹, média de 32,6 m².ha⁻¹ e variação em 12,8%. A concentração das parcelas está entre 30-35 m².ha⁻¹ em ambas as sucessões, mostrando que além da *A. angustifolia*, pode existir outras espécies que ajudem no aumento da área basal.

Finalizando, a Floresta com Xaxim, obteve uma área basal máxima de 67,3 m².ha⁻¹ e média de 39,1 m².ha⁻¹ na Primária (FPX), repetindo o máximo 42,3 m².ha⁻¹ na Secundária (FSX) e diminuindo a média para 32,1 m².ha⁻¹, significando que a *D. sellowiana* aumentou a área basal da floresta, porém quando essa está em estágio mais avançado, não sendo muito presente em florestas modificadas, podendo ser explicada devido sua exploração no passado (GASPER et al. 2011). Em termos relativos, a FPA contribuiu em 49,4%

para o montante geral da área basal da FPX, enquanto a FSA contribuiu apenas 20,2% do valor da FSX.

Comparando os valores DAP e altura a partir da Figura 1 e dos dados descritos, em relação as Florestas Primárias e Secundárias, consegue-se observar que a distinção nos estratos Com Xaxim e Lenhosas é pequena (4 cm e 4,4 cm entre as sucessões, respectivamente), mas que, ao avaliar a *A. angustifolia* de forma isolada, ocorre uma diferença representativa no DAP médio (16,6 cm entre FPA e FSA) e, principalmente, nos diâmetros máximos encontrados (37,5 de diferença). Já na área basal por hectare, todos os estratos apresentaram grande diferença na amplitude e nas médias entre os estágios sucessionais: 12,8 m².ha⁻¹entre FPA e FSA; 4,2 m².ha⁻¹entre FPL e FSL; e 7 m².ha⁻¹entre FPX e FSX. Um dos motivos pode ser explicado por HESS et al. (2010), no qual especifica que uma grande densidade de indivíduos de pequenas dimensões leva a um baixo incremento em todas as variáveis, dificultando a capacidade da floresta em manter o seu ciclo biológico natural, levando mais tempo para atingir o mesmo potencial de estoque de uma Floresta Primária.

O histograma de frequência absoluta (Figura 2), ou distribuição diamétrica, demonstra a quantidade de indivíduos presentes em cada centro de classe diamétrica nesse estudo. Por hectare, os valores de indivíduos foram: 521 ind.ha⁻¹para a FPX e 719 ind/ha para FSX; 464 ind.ha⁻¹para FPL e 693 ind.ha⁻¹para FSL; e, por fim, 75 ind.ha⁻¹ para FPA e 53 ind/ha na FSA. De acordo com o esperado para florestas nativas, o padrão “J invertido” é observado, com maior presença de indivíduos nas classes de menores diâmetros, demonstrando uma grande regeneração natural, principalmente nas FSX e FSL, e que vai decrescendo conforme aumenta o DAP (DALLA LANA et al. 2015).

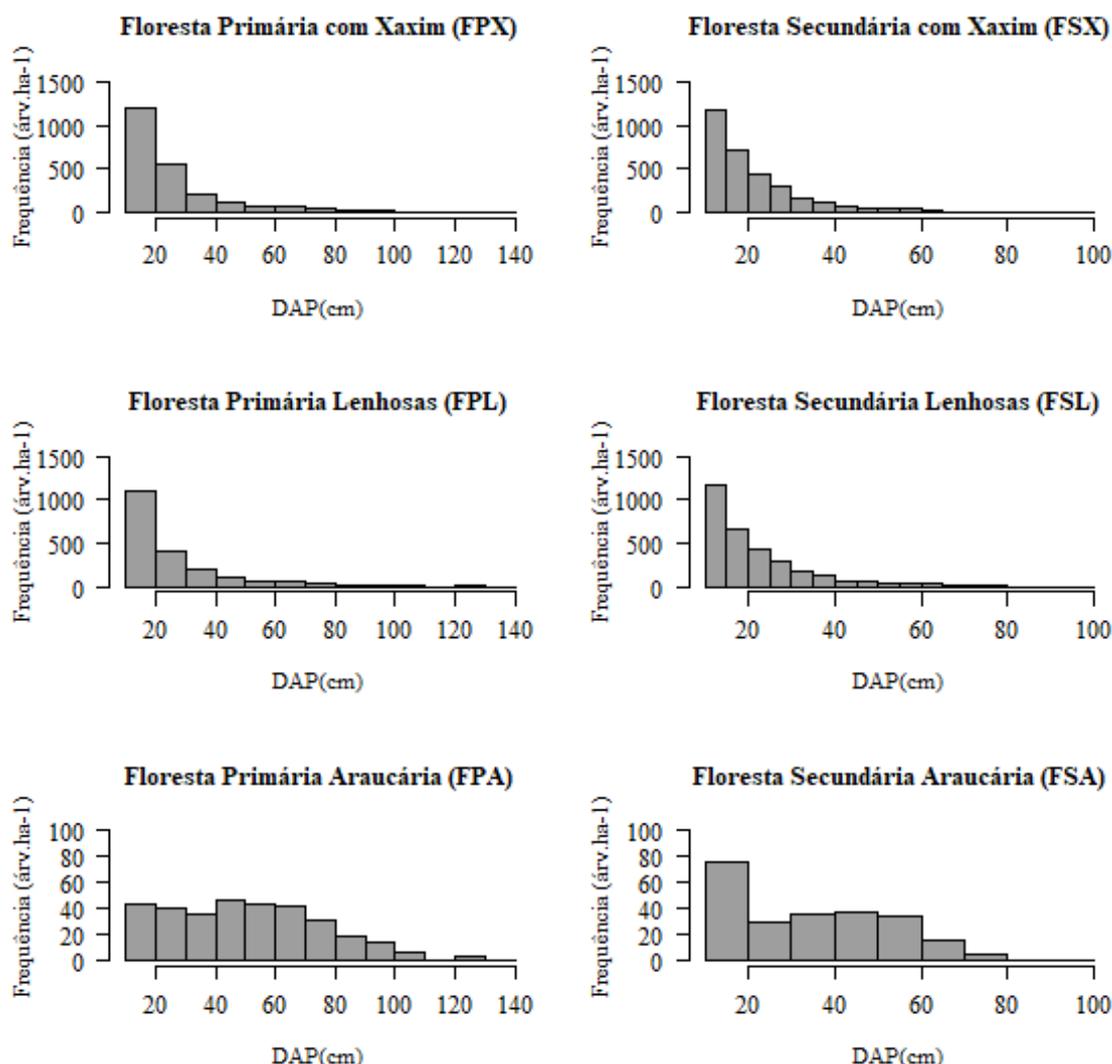


Figura 3. Histogramas de frequência absoluta relacionando a variável DAP (cm) de acordo com cada divisão e estágio de sucessão florestal da Floresta Ombrófila Mista (FOM).

Figure 3. Histograms of absolute frequency relating the variable DAP (cm) according to each division and stage of forest succession of the Mixed Ombrphyllous Forest (MOF).

A única exceção foi a *A. angustifolia* na sucessão Primária (FPA) (Figura 2), que apesar de ter mais indivíduos por hectare na FPA do que na FSA, as classes diamétricas intermediárias (entre 30-70 cm) também apresentaram muitos indivíduos, algumas chegando a ser maior que a classe inicial de 10 a 20 cm. Esse fator pode representar que devido a pouca entrada de luz no solo da floresta, as plântulas de *A. angustifolia* tendem a ter dificuldades para crescer e chegar ao diâmetro de inclusão de 10 cm do estudo, podendo-se concluir que essa espécie regenera melhor em florestas com o dossel mais aberto e com mais luminosidade (SANQUETTA & MATTEI 2006). Se essa característica permanecer, a espécie pode apresentar no futuro uma distribuição diamétrica unimodal (DALLA LANA et al. 2015, MACHADO et al. 2009).

Em relação ao gráfico de dispersões (Figura 3), pode-se afirmar que ambas as sucessões (primária em cinza e secundária em preto) possui, em sua maioria, indivíduos de menor diâmetro coincidindo com uma menor altura, sendo que a classe diamétrica de inclusão (10 cm de DAP) possui árvores de em média 5-15 m de altura, aumentando a partir desse valor de forma gradual e não linear, com altura máxima da floresta sendo 38,3 m, tratando-se de uma *A. angustifolia*, fato esperado por se tratar de uma espécie de dossel.

Figura 3A. Floresta Primária e Secundária com Xaxim (FPX e FSX)

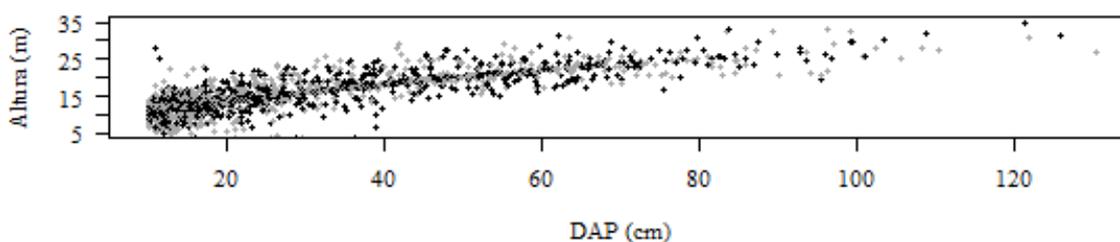


Figura 3B. Floresta Primária e Secundária Lenhosas (FPL e FSL)

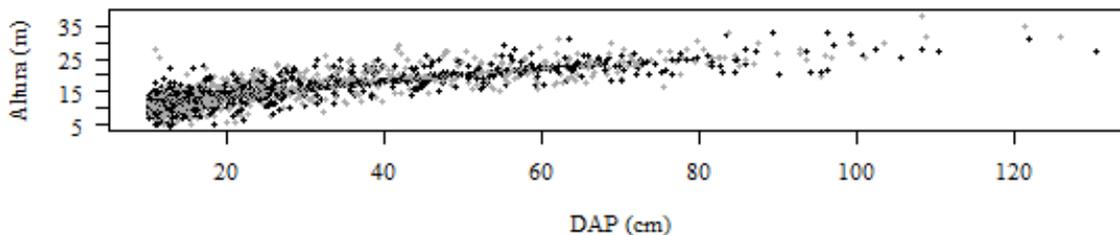
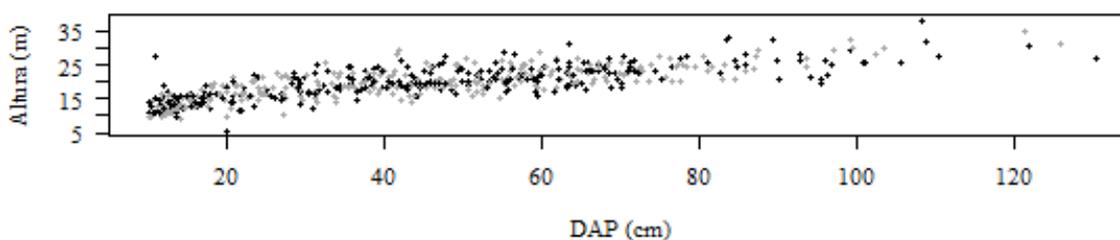


Figura 3C. Floresta Primária e Secundária Araucária (FPA e FSA)



Legenda: Cinza - Floresta Primária; Preto - Floresta Secundária.

Figura 4. Gráficos de dispersão mostrando a diferença entre estágios de sucessão de acordo com cada divisão da Floresta Ombrófila Mista.

Figure 4. Scatterplots showing the difference between succession stages according to each division of the Mixed Ombrophyllous Forest.

A partir da diferença entre os gráficos da floresta apenas com lenhosas (Figura 3B) e a floresta com Xaxim (Figura 3A), pode-se perceber a presença da *Dicksonia sellowiana* na floresta, a qual na sucessão primária (FPX em cinza) já está em maiores classes de diâmetro, enquanto na secundária (FSX em preto) ainda caminha para uma introdução mais significativa na floresta. Fator explicado pela característica da espécie, considerada geralmente como tardia, em estar mais presente em áreas úmidas e sombreadas,

indicando que o ciclo da floresta está em progresso (MONTAGNA et al. 2012). Para a *A. angustifolia*, é perceptível que os indivíduos menores estão em maior quantidade na floresta secundária, assim como observa-se poucos pontos em determinados intervalos de diâmetro, podendo indicar cortes seletivos em intervenções passadas (FIGUEIREDO FILHO et al. 2010).

Seguindo o esperado, a *A. angustifolia* (Tabela 2) representou mais da metade (258,1 m³.ha⁻¹) do volume da floresta na sucessão primária de 539,2 m³.ha⁻¹, valor este que não teve grandes diferenças de resultados dos autores WEBER et al. (2005) que chegou a 560 m³.ha⁻¹. Em contrapartida, no estágio secundário, a *A. angustifolia* não representou ¼ (74,1 m³.ha⁻¹) do volume total da floresta de 394,1 m³.ha⁻¹, sendo semelhante aos resultados dos estudos de SYDOW et al. (2017), que obteve volume variando de 303,3 a 364,4 m³.ha⁻¹.

Tabela 2. Quantificação do volume individual médio (m³) e do volume médio por hectare de acordo com cada divisão e estágio sucessional da Floresta Ombrófila Mista (FOM).

Table 2. Quantification of the average individual volume (m³) and the average volume per hectare according to each division and successional stage of the Mixed Ombrophyllous Forest (MOF).

Divisões da FOM		Volume médio por indivíduo (m ³)	Volume total médio (m ³ .ha ⁻¹)	Volume comercial médio por indivíduo (m ³)	Volume comercial total médio (m ³ .ha ⁻¹)
FOM Primária	Com Xaxim	1,7316	539,2	1,6794	514,9
	Lenhosas	1,0448	484,9	0,9926	460,6
	<i>A. angustifolia</i>	3,4514	258,1	3,4495	257,9
FOM Secundária	Com Xaxim	1,0881	394,1	1,0609	375,3
	Lenhosas	0,5441	376,9	0,5169	358,1
	<i>A. angustifolia</i>	1,3885	74,1	1,3866	74,0

Sendo: ha = hectare.

A baixa representatividade da *A. angustifolia* no estágio secundário, pode indicar que, apesar da quantidade de pinheiros ser próxima da sucessão primária, 75 ind/ha na FPA e 53 ind/ha na FSA (cerca de 2/3), esses são de dimensões pequenas, podendo ser devido a regeneração da espécie ou, em casos mais problemáticos, devido a competição entre indivíduos, gerando mortalidade (FIGUEIREDO FILHO et al. 2010), demonstrando ineficiência da dispersão de sementes para longe da planta-mãe e baixo potencial de competição na fase jovem com outras espécies (PALUDO et al. 2009), bem com ela própria. A espécie possui um volume comercial muito próximo do total, em ambos os estágios, significando que o aproveitamento do fuste é praticamente completo, como já se é esperado.

Tabela 3. Resultados da quantificação da biomassa média acima do solo e de carbono médio estocado em diferentes divisões e estágios de sucessão da Floresta Ombrófila Mista (FOM).

Table 3. Results of the quantification of above-ground average biomass and of average stored carbon in different divisions and succession stages of the Mixed Ombrophyllous Forest (MOF).

Divisões da FOM		Biomassa média por indivíduo (kg)	Biomassa total média (Mg.ha ⁻¹)	Carbono médio por indivíduo (kg)	Carbono total médio (Mg.ha ⁻¹)
FOM Primária	Com Xaxim	640,1	270,9	313,6	135,1
	Lenhosas	575,3	267,2	287,7	133,6
	<i>A. angustifolia</i>	1773,7	147,7	987,4	73,9
FOM Secundária	Com Xaxim	324,7	196,8	158,1	98,3
	Lenhosas	282,3	195,7	141,1	97,8
	<i>A. angustifolia</i>	798,1	42,6	399,1	21,3

Sendo: kg = kilograma; Mg = Megagrama; ha = hectare.

Assim como no volume, por estarem intimamente relacionados, a *A. angustifolia* possui um valor significativo na participação da biomassa total (54,5% do total de 270,9 Mg/ha da biomassa de FPX), assim como ocorre nos trabalhos de MOGNON et al. (2013) e LIPINSKI et al. (2017), onde a *A. angustifolia* se mostrou a espécie mais significativa da floresta. No entanto, da mesma forma, essa participação é bem menor na floresta secundária (apenas 21,6% de 196,8 Mg/ha na biomassa total de FSX). A *D. sellowiana*

possuiu baixa participação em ambas as sucessões, demonstrando que seu potencial para produção de biomassa é restrito quando comparado com espécies como a *A. angustifolia*, fato confirmado nos trabalhos de ZIEMMER et al. (2016) no qual 40 indivíduos da espécie deram um total de apenas 16kg de biomassa.

Os valores totais de biomassa da floresta, sendo 270,9 Mg.ha⁻¹ na Floresta Primária (FPX) e 196,8 Mg.ha⁻¹ na Floresta Secundária (FSX), estão, respectivamente, próximos dos encontrados por LIPINSKI et al. (2017), em que a biomassa estimada foi de 235,4 Mg.ha⁻¹, e WEBER et al. (2005), que obteve 186,7 Mg.ha⁻¹, onde ambos os estudos foram realizados em uma área considerada Floresta Ombrófila Mista Montana, de clima igual ao desse estudo, confirmando que a diferença entre sucessões é algo esperado. Porém MELO & DURIGAN (2006) afirmam que a competição por água e nutrientes limitam o acúmulo de biomassa, podendo ser um explicativo para as situações apresentadas e indicando que com intervenções silviculturais as florestas modificadas podem resultar em maiores quantidades de biomassa e carbono estocados.

Em consequência, como o valor do carbono depende da biomassa, os valores deste na floresta secundária (98,3 Mg.ha⁻¹) também se tornam menores quando comparados com a sucessão primária (158,1 Mg.ha⁻¹). Valores semelhantes foram obtidos nos trabalhos de LIPINSKI et al. (2017) e WEBER et al. (2005), com 98,7 Mg.ha⁻¹ e 104,3 Mg.ha⁻¹, respectivamente. Em trabalhos de SANQUETTA et al. (2014), aponta-se que quanto maior o porte das árvores e mais velhas, maior será seu estoque de carbono individual, desde que a árvore não tenha chegado em sua senescência, momento no qual a produção estabiliza. Portanto, explica-se a quantidade de carbono acumulado da sucessão primária desse estudo, a qual possui árvores mais antigas e de maior porte.

WATZLAWICK et al. (2002) diferenciaram a biomassa e carbono para diferentes estágios sucessionais, respectivamente: 69,4 e 28,8 Mg.ha⁻¹ para sucessão inicial, 168,8 e 70,2 Mg.ha⁻¹ para o estágio médio e, por fim, 397,79 e 165,0 Mg.ha⁻¹ em sucessão avançada. De acordo com esses valores, a sucessão determinada nesse estudo como primária estaria classificada como média, encaminhando-se para uma sucessão avançada, enquanto a secundária teria recém entrado nessa classificação. As divergências entre Sucessão Primária e Secundárias são esperadas de acordo com MELO & DURIGAN (2006), e podem ser explicadas devido a intensa exploração que teve no passado, significando por meio desses resultados que a floresta ainda está em processo de cicatrização e caminha para atingir seu estoque completo (full-stocked), assim como verificado nos estudos de FIGUEIREDO FILHO et al. (2010).

CONCLUSÃO

De acordo com a sucessão primária e secundária, constata-se que as médias desse estudo para as variáveis DAP e altura foram, respectivamente: 51,2 cm e 34,6 cm para *A. angustifolia*, 25,7 cm e 21,3 cm para Lenhosas, e 25,3 cm e 21,3 cm para Floresta com Xaxim; e 21,0 m e 17,7 m para *A. angustifolia*, 14,5 m e 13,6 m para Lenhosas, e 14,3 m e 13,6 m para Floresta com Xaxim.

Em relação a área basal, seguiu-se as médias para as sucessões primárias e secundárias: 19,3 m².ha⁻¹ e 6,5 m².ha⁻¹ para *A. angustifolia*; 36,8 m².ha⁻¹ e 32,6 m².ha⁻¹ para Lenhosas; e, 39,1 m².ha⁻¹ e 32,1 m².ha⁻¹ para Floresta com Xaxim. Já para o volume, temos: 258,1 m³.ha⁻¹ e 74,1 m³.ha⁻¹ para *A. angustifolia*; 484,9 m³.ha⁻¹ e 376,9 m³.ha⁻¹ para Lenhosas; e 539,2 m³.ha⁻¹ e 394,1 m³.ha⁻¹ na Floresta com Xaxim.

Finalmente, para biomassa e carbono, tem-se, respectivamente, as médias das sucessões primárias e secundárias de: 147,7 Mg.ha⁻¹ e 42,6 Mg.ha⁻¹ para biomassa, e 73,9 Mg.ha⁻¹ e 21,3 Mg.ha⁻¹ para carbono de *A. angustifolia*; 267,2 Mg.ha⁻¹; 267,2 Mg.ha⁻¹ e 195,7 Mg.ha⁻¹ de biomassa, e 133,6 Mg.ha⁻¹ e 97,8 Mg.ha⁻¹ de carbono para Lenhosas; e, por fim, temos 270,9 Mg.ha⁻¹ e 196,8 Mg.ha⁻¹ para biomassa, e 135,1 Mg.ha⁻¹ e 98,3 Mg.ha⁻¹ de carbono para Floresta com Xaxim.

Desta forma, conclui-se que a *A. angustifolia* é a espécie com maior participação em todas as variáveis analisadas, obtendo uma importância ecológica para a regulação do clima. Ainda, é notório que, mesmo áreas consideradas primárias, como a desse estudo, não atingem o estoque de estágio sucessional avançado, possivelmente devido a intervenções anteriores ao histórico conhecido da área, e que as florestas secundárias podem possuir grandes diferenças florísticas (como a presença da *D. sellowiana*) e estruturais. Ademais, ambos os estágios poderiam apresentar maiores valores de biomassa e carbono estocado se houvessem intervenções silviculturais, sendo, portanto, necessário a continuação de estudos para observar o comportamento da floresta com o intuito de implantar um futuro Plano de Manejo Florestal.

REFERÊNCIAS

- ALVARES CA et al. 2013. Koppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22: 711–728.
DALLA LANA MD et al. 2015. Projeção diamétrica por razão de movimentação em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no sul do Paraná. Floresta 45: 151 – 162.

- DOBNER Jr. M et al. 2019. Effect of site and competition on diameter growth of *Araucaria angustifolia*. *Floresta* 49: 717 - 724.
- DOBNER Jr. M. 2022. Pruning *Araucaria angustifolia* for knot-free timber production. *Floresta* 52: 054-063.
- FARIAS KJ et al. 2019. Quantificação do volume total por meio de modelos volumétricos e de afilamento em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 1: 1.
- FIGUEIREDO FILHO A et al. 2010. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. *Floresta* 40: 763-776.
- GASPER AL et al. 2011. Inventário de *Dicksonia sellowiana* Hook. em Santa Catarina. *Acta Botanica Brasilica* 25: 776-784.
- HESS AF. 2012. Manejo de *Araucaria angustifolia* pelo quociente de Liocourt em propriedade rural no Município de Painel, SC. *Pesquisa Florestal Brasileira* 32: 227-232.
- HESS AF et al. 2014. Manejo de Floresta Ombrófila Mista pelo método de Liocourt, Município de Painel, SC. *CERNE* 20: 575-580.
- HESS AF et al. 2010. Proposta de manejo de *Araucaria angustifolia* utilizando o quociente de Liocourt e análise de incremento, em propriedade rural no Município de Lages, SC. *Pesquisa Florestal Brasileira* 30: 337-345.
- IFFSC. Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina, 2022. Metodologia, Biometria. Disponível em: < <https://www.iff.sc.gov.br/nossas-a%C3%A7%C3%B5es/invent%C3%A1rio-florestal/metodologia/biometria>>. Acesso em: 29 de nov. de 2023.
- LIPINSKI ET et al. 2017. Dinâmica da biomassa e carbono arbóreo entre 1995-2012 em Floresta Ombrófila Mista Montana. *Floresta* 47: 197-206.
- MACHADO AS et al. 2009. Distribuição diamétrica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. *Scientia Agraria* 10: 103-110.
- MELO ACG & DURIGAN G. 2006. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. *Scientia Forestalis* 71: 149-154.
- MELLO AA et al. 2003. Projeção diamétrica e volumétrica da *Araucaria angustifolia* e espécies associadas no sul do Paraná, usando matriz de transição. *Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais* 1: 55-66.
- MOGNON F et al. 2013. Uma década de dinâmica da fixação de carbono na biomassa arbórea em Floresta Ombrófila Mista no sul do Paraná. *Floresta* 43: 153-164.
- MONTAGNA T et al. 2012. A Importância das Unidades de Conservação na Manutenção da Diversidade Genética de Xaxim (*Dicksonia sellowiana*) no Estado de Santa Catarina. *Biodiversidade Brasileira* 2: 26-32.
- PÉLLICO NETTO S. 1984. Inventário Florestal Nacional, florestas nativas: Paraná e Santa Catarina. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. Brasília: MMA.
- NICOLETTI MF et al. 2020. Equações hipsométricas, volumétricas e funções de afilamento para *Pinus spp.* *Revista de Ciências Agroveterinárias* 19: 474-482.
- OLIVEIRA GL. 2021. Caracterização e modelagem biométrica de *Dicksonia sellowiana* Presl. (Hooker) em Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal). Lages: UDESC.
- ORELLANA E et al. 2014. Modelagem da distribuição diamétrica de espécies florestais em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. *Revista Árvore* 38: 297-308.
- PALUDO GF et al. 2009. Estrutura demográfica e padrão espacial de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), na Reserva Genética Florestal de Caçador, estado de Santa Catarina. *Revista Árvore* 33: 1109-1121.
- R CORE TEAM. 2022. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>
- SANQUETTA CR et al. 2014. Estimativa de carbono individual para *Araucaria angustifolia*. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 44: 1-8.
- SANQUETTA CR & MATTEI E. 2006. Perspectiva de recuperação e manejo sustentável das Florestas de *Araucaria angustifolia*. Curitiba: Multi-Graphic Gráfica e Editora. 264p.
- SEVEGNANI L et al. 2013. Considerações finais sobre a Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina. In: VIBRANS AC et al. (Eds.). Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina. Vol. III Floresta Ombrófila Mista. Blumenau: Edifurb.
- SYDOW JD et al. 2017. Comparação de métodos e processos de amostragem para inventário em Floresta Ombrófila Mista. *BIOFIX Scientific Journal* 2: 60-68.
- VIBRANS AC et al. 2011. Structure of Mixed Ombrophylous Forests with *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) under external stress in Southern Brazil. *Revista Biologia Tropical* 59: 1371-1387.
- VIBRANS AC et al. 2015. Generic and specific stem volume models for three subtropical forest types in southern Brazil. *Annals of Forest Science* 72: 865-874.
- VIEIRA EM & LOB G. 2009. Dispersão e predação de sementes da Araucária (*Araucaria angustifolia*). In: FONSECA CR et al. (Eds.). Floresta de Araucária: Ecologia, Conservação e Desenvolvimento Sustentável. Ribeirão Preto: Editora Holos. p. 85-95.
- WATZLAWICK LF et al. 2004. Teores de carbono em espécies da Floresta Ombrófila Mista. In: SANQUETTA CR et al. (Ed.). Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas. Curitiba: UFPR. p. 65-80
- WATZLAWICK LF et al. 2002. O Papel do Sensoriamento Remoto nos Estudos de carbono. In: SANQUETTA CR et al. (Eds.). As Florestas e o Carbono. Curitiba: UFPR. p. 215-235.
- WEBER KS et al. 2005. Variação volumétrica e distribuição espacial do estoque de carbono em Floresta Ombrófila Mista. *Revista Acadêmica* 3: 77-85.
- ZIEMMER JK et al. 2016. Quantificação da biomassa e dos teores de carbono de Pteridófitas arborescentes em Floresta Ombrófila Mista. *BIOFIX Scientific Journal* 1: 60-73.