

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, BIODIVERSIDADE E FLORESTAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Greyse Naira Theodoroski

**Compartimentalização do carbono e suas relações em um fragmento de Floresta
Ombrófila Mista**

Curitibanos, SC

2025

Greyse Naira Theodoroski

**Compartimentalização do carbono e suas relações em um fragmento de Floresta
Ombrófila Mista**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Vinicius Costa Cysneiros.

Coorientador: Prof. Dr. Djalma Eugênio Schmitt.

Curitibanos, SC

2025

Theodoroski, Greyse Naira

Compartimentalização do carbono e suas relações em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista / Greyse Naira Theodoroski ; orientador, Vinicius Costa Cysneiros, coorientador, Djalma Eugênio Schmitt, 2025.

44 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal, Curitibanos, 2025.

Inclui referências.

1. Engenharia Florestal. 2. Estoque de carbono. 3. Serviços ecossistêmicos. 4. Floresta Ombrófila Mista. 5. Compartimentalização do carbono. I. Cysneiros, Vinicius Costa. II. Schmitt, Djalma Eugênio. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

Greyse Naira Theodoroski

**Compartimentalização do carbono e suas relações em um fragmento de Floresta
Ombrófila Mista**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Florestal.

Curitiba, 20 de outubro de 2025.

Prof. Dr. Marcelo Bonazza
Coordenador (a) do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Vinicius Costa Cysneiros
Orientador (a)
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a. Dr^a. Larissa Regina Topanotti
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Djalma Eugênio Schmitt
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Curitiba, 2025.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, por todo o apoio durante esses anos e que nunca deixaram de acreditar em mim. À minha irmã, que me fez ver as coisas de forma mais leve. Ao meu professor, orientador e amigo, Vinicius Cysneiros que nunca me deixou desistir mesmo quando as coisas ficaram muito difíceis e por todos os ensinamentos que vou carregar para a vida. E por último, aos meus colegas do Núcleo de Estudos de Dendrometria Inventário e Manejo, aos amigos e companheiros de vida que a universidade me deu.

RESUMO

As mudanças climáticas decorrentes de ações antrópicas ocasionaram o aumento da concentração do dióxido de carbono na atmosfera, um dos principais gases de efeito estufa. Nesse contexto, as florestas assumem papel estratégico no sequestro do carbono, reforçando a importância de entender o fluxo e a compartimentalização do carbono nestes ecossistemas. O fluxo do carbono florestal é influenciado por diversos fatores, incluindo características da vegetação, como diversidade de espécies, estrutura e idade, além de condições abióticas, como a declividade e o clima. Além disso, o solo e a serrapilheira florestal atuam como compartimentos importantes para o armazenamento de carbono. A serrapilheira, formada por camadas de material orgânico proveniente da vegetação, atua como estoque superficial de carbono, além de ser a principal via de transferência do carbono da vegetação para o solo. Assim, as características da vegetação influenciam a formação e deposição da serrapilheira e, logo, o estoque de carbono na serrapilheira e no solo. Este trabalho teve como objetivo avaliar a compartimentalização do carbono na vegetação, serrapilheira e solo, bem como investigar relações entre a diversidade, estrutura e estoque de carbono da vegetação com os estoques de carbono no solo e na serrapilheira em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. Para isso, duas hipóteses foram elaboradas: a primeira que (i) a diversidade de espécies, a estrutura e o estoque de carbono da floresta afetam positivamente os estoques de carbono na serrapilheira e no solo; e a segunda que (ii) o maior estoque de carbono na serrapilheira leva ao maior estoque de carbono no solo. O estudo foi realizado em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista localizado na Área Experimental Florestal, Curitiba, SC. O inventário florestal foi realizado para estimar a diversidade, equabilidade, estrutura e estoque de carbono na vegetação. A coleta de solo foi realizada na profundidade de 0 a 30 cm, com seu estoque de carbono determinado pela metodologia da oxidação da matéria orgânica por solução sulfocrômica. Para o estoque de carbono da serrapilheira, a mesma foi coletada com gabaritos de 0,25 m² e posteriormente seu estoque determinado pelo método da mufla. O estoque de carbono total da floresta, considerando os três compartimentos, teve média de 145,68 Mg C ha⁻¹, com 69 Mg C ha⁻¹ na vegetação, 72,95 Mg C ha⁻¹ no solo e 3,73 Mg C ha⁻¹ na serrapilheira. O estoque de carbono na vegetação influenciou positivamente o carbono na serrapilheira, impulsionado pela presença de *Araucaria angustifolia*, enquanto a diversidade e equabilidade influenciaram positivamente o carbono no solo. Os resultados também revelaram que a serrapilheira não contribuiu para o estoque de carbono no solo. No entanto, esse resultado pode ter influência da época de coleta, que pode ter interferido no fluxo de carbono da serrapilheira para o solo. Além disso, maiores declividades levaram a menores estoques de carbono na vegetação e na serrapilheira, sem influência sobre o carbono do solo. Por fim, os resultados contribuem para o entendimento dos fatores influentes na compartimentalização e fluxo do carbono, subsidiando a avaliação desse serviço ecossistêmico na Floresta Ombrófila Mista.

Palavras-chave: Mata atlântica, ecossistema ameaçado, fluxo de carbono, serviços ecossistêmicos.

ABSTRACT

Climate change resulting from anthropogenic actions has led to an increase in the concentration of carbon dioxide in the atmosphere, one of the main greenhouse gases. In this context, forests play a strategic role in carbon sequestration, reinforcing the importance of understanding the flow and compartmentalization of carbon in these ecosystems. Forest carbon flow is influenced by several factors, including vegetation characteristics, such as species diversity, structure, and age, as well as abiotic conditions, such as slope and climate. Furthermore, soil and forest litter act as important compartments for carbon storage. Litter, formed by layers of organic material from vegetation, acts as a surface carbon store and is the main pathway for carbon transfer from vegetation to soil. Thus, vegetation characteristics influence the formation and deposition of litter and, consequently, carbon storage in litter and soil. This study aimed to evaluate the compartmentalization of carbon in vegetation, litter, and soil, as well as to investigate relationships between vegetation diversity, structure, and carbon stocks with soil and litter carbon stocks in a fragment of Mixed Ombrophilous Forest. Two hypotheses were developed: the first is that (i) forest species diversity, structure, and carbon stocks positively affect litter and soil carbon stocks; and the second is that (ii) greater litter carbon stocks lead to greater soil carbon stocks. The study was conducted in a fragment of Mixed Ombrophilous Forest located in the Experimental Forest Area, Curitiba, SC. A forest inventory was conducted to estimate vegetation diversity, evenness, structure, and carbon stocks. Soil samples were collected at a depth of 0 to 30 cm, and carbon stocks were determined using the organic matter oxidation method using a sulfochromic solution. For litter carbon stock, the material was collected using 0.25 m² templates and subsequently determined using the muffle method. The total forest carbon stock, considering the three compartments, averaged 145.68 Mg C ha⁻¹, with 69 Mg C ha⁻¹ in vegetation, 72.95 Mg C ha⁻¹ in soil, and 3.73 Mg C ha⁻¹ in litter. Vegetation carbon stock positively influenced litter carbon, driven by the presence of *Araucaria angustifolia*, while diversity and evenness positively influenced soil carbon. The results also revealed that litter did not contribute to soil carbon stock. However, this result may be influenced by the collection time, which may have interfered with the carbon flux from litter to soil. Furthermore, steeper slopes led to lower carbon stocks in vegetation and litter, with no effect on soil carbon. Finally, the results contribute to the understanding of the influential factors in the compartmentalization and flow of carbon, supporting the evaluation of this ecosystem service in the Mixed Ombrophilous Forest.

Keywords: Atlantic forest, threatened ecosystem, carbon flux, ecosystem services.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FOMM	Floresta Ombrófila Mista Montana
MOS	Matéria orgânica do solo
SCS	Estoque de carbono total do solo
C10	Estoque de carbono do solo a 10 cm de profundidade
C20	Estoque de carbono do solo a 20 cm de profundidade
C30	Estoque de carbono do solo a 30 cm de profundidade
AGC	Estoque de carbono da vegetação
LCS	Estoque de carbono da serrapilheira
SLOPE	Declividade
H'	Índice de Diversidade de Shannon
J	Índice de Equabilidade de Pielou

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
1.1	OBJETIVOS	6
1.1.1	Objetivo geral	6
1.1.2	Objetivos Específicos	6
2	REFERENCIAL TEÓRICO	7
2.1	A FLORESTA OMBRÓFILA MISTA	7
2.2	SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS E DIVERSIDADE DE ESPÉCIES FLORESTAIS	8
2.3	ESTOQUES DE CARBONO DA VEGETAÇÃO	9
2.4	ESTOQUES DE CARBONO DO SOLO E SERRAPILHEIRA	9
3	MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1	ÁREA DE ESTUDO E IMPLANTAÇÃO DAS UNIDADES AMOSTRAIS	10
3.2	COLETA DE DADOS	12
3.3	DETERMINAÇÃO DE BIOMASSA E CARBONO DA VEGETAÇÃO	12
3.4	DIVERSIDADE DE ESPÉCIES E ESTRUTURA FLORESTAL	19
3.4.1	Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H')	19
3.4.2	Índice de Equabilidade de Pielou (J)	19
3.4.3	Área basal (G)	19
3.5	DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DO SOLO	16
3.6	DETERMINAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO	17
3.7	DETERMINAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO DA SERRAPILHEIRA	13
3.8	ANÁLISE DOS DADOS	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1	COMPARTIMENTALIZAÇÃO DOS ESTOQUES DE CARBONO	20
4.2	RELAÇÕES ENTRE CARBONO ESTOCADO NA FLORESTA, SERRAPILHEIRA E SOLO	24
5	CONCLUSÃO	28
	REFERÊNCIAS	29
	ANEXO A – Pedregosidade e profundidade do solo da área de estudo	36
	ANEXO B – Estoques de carbono em cada compartimento por parcela	37

1 INTRODUÇÃO

O aumento da temperatura global é um fenômeno observado em todas as regiões do planeta Terra, tornando-se o foco de muitos estudos que evidenciam a importância de reverter esse cenário que está sendo construído há décadas por ações antrópicas inconsequentes contra a natureza. O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC - International Panel on Climate Change) evidenciou essa importância em seu Sexto Relatório de Avaliação, enfatizando como as emissões de gases de efeito de estufa (GEE) têm agravado o aquecimento global. Tal cenário decorre do uso irracional de energia, mudanças no uso do solo e padrões insustentáveis de consumo e produção (AR6, 2023). Esta situação é intrínseca ao crescimento da população mundial, visto que há uma maior demanda por recursos naturais, cujo planeta Terra não consegue suprir (UN, 1987).

O principal GEE, o dióxido de carbono (CO_2), circula entre os seus principais compartimentos: a atmosfera, os oceanos, os depósitos de combustível fóssil, a biomassa terrestre e o solo (Chang, 2004). Neste sentido, estima-se que o setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas emitiu 637.039 Gg CO_2eq em 2020, representando 38,0% do total de emissões brasileiras, a maior parte delas sendo de gás carbônico (93,6%), que ocorrem devido à conversão do uso e cobertura da terra, associada principalmente ao desmatamento (MCTIC, 2022). Em florestas degradadas, a emissão de CO_2 ocorre de forma muito mais rápida, visto que todo o ciclo do carbono foi desestruturado pela diminuição da biomassa vegetal e da deposição e decomposição da serrapilheira em matéria orgânica (Gatti *et al.*, 2021; Zelarayán *et al.*, 2015).

Neste contexto, é ressaltada a importância das florestas para a redução dos GEE presentes na atmosfera, em especial o CO_2 através do sequestro de carbono, surgindo a importância de entender sua dinâmica, processo e fluxos em florestas naturais, uma vez que as mesmas possuem um grande potencial de sequestro de carbono (Mendelsohn *et al.*, 2022). Essa relação direta entre os estoques de carbono e a mitigação das mudanças climáticas está interligada com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 13 da Agenda 2030 da ONU: “Ação contra a Mudança Global do Clima”, visto que o mesmo possui como objetivo central reduzir a emissão dos GEE, e o 15: “Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade” (ONU, 2015).

Devido a relevância das florestas para o sequestro e armazenamento de CO₂, entender os fatores bióticos e abióticos que influenciam o fluxo e a compartimentalização do carbono torna-se fundamental para as estratégias de mitigação dos efeitos das mudanças globais (Harris *et al.*, 2021). Desta forma, este estudo busca entender a relação dos estoques de carbono na floresta, serrapilheira e solo, englobando a análise dos serviços ecossistêmicos fornecidos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

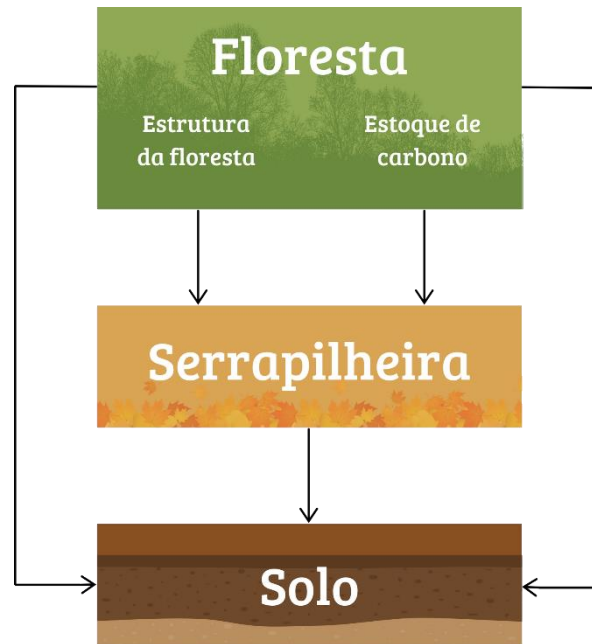
O presente trabalho teve como objetivo avaliar a relação da diversidade, da estrutura e do estoque de carbono florestal com o estoque de carbono no solo e na serrapilheira, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar o estoque de carbono, a estrutura e a diversidade de espécies florestais;
- Determinar o estoque de carbono existente no solo em diferentes profundidades e total;
- Determinar o estoque de carbono existente na serrapilheira;
- Analisar as relações entre os estoques de carbono na floresta, serrapilheira e solo;
- Avaliar a influência de fatores bióticos e abióticos nos estoques de carbono.

A partir dos objetivos propostos, foram desenvolvidas as hipóteses que *i*) a diversidade de espécies, a estrutura e o estoque de carbono da floresta afetam positivamente os estoques de carbono na serrapilheira e no solo, e que *ii*) o maior estoque de carbono na serrapilheira leva ao maior estoque de carbono no solo. O modelo conceitual para testar as hipóteses do presente estudo está apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Modelo conceitual usado para testar as hipóteses do presente estudo.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) popularmente conhecida como Floresta com Araucária, destaca-se pela dominância da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, devido sua abundância e porte. Baixas temperaturas, altitude elevada e geadas frequentes durante o inverno estão relacionadas às áreas de ocorrência da FOM (Uhlmann *et al.*, 2012), que se distribui principalmente ao longo dos três estados do sul do Brasil, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, mas também o nordeste da Argentina e sudeste do Brasil.

Essa formação florestal pertence ao bioma Mata Atlântica, considerada uma das regiões mais ricas em biodiversidade do mundo, e é classificada em formação Aluvial, Submontana, Montana e Alto Montana, em função da latitude e altitude de ocorrência da vegetação (IBGE, 2012; Myers *et al.*, 2000). Atualmente compreende uma área de 1.185.000 ha, o que representa 4,34% de sua distribuição geográfica original, sendo estes remanescentes altamente fragmentados e menores que 50 ha, sendo que apenas cerca de 13,5% destes estão em áreas protegidas (Zorek *et al.*, 2024), demonstrando significativamente alto grau de ameaça desta formação florestal.

A fragmentação da FOM ocorreu principalmente devido ao desmatamento pela agropecuária e pela exploração predatória da indústria madeireira desde o fim do século XIX (Nodari *et al.*, 2018). Essas atividades promoveram a comercialização da madeira a custo do desmatamento, supressão da vegetação nativa e predação de espécies como Araucária (*A. angustifolia*), Imbuia (*Ocotea porosa* (Mez) L. Barroso) e Xaxim (*Dicksonia sellowiana* Hook.) (Carvalho, 2012; Higuchi *et al.*, 2012), o que ocasionou a redução da área de floresta nativa de forma drástica. Para reduzir as transformações diretas na FOM, foram estabelecidas restrições ao corte de árvores. Mas a principal ameaça atual à essa formação florestal são as mudanças climáticas, em especial o agravamento do aquecimento global, visto que espécies endêmicas destes locais, como a araucária, estão adaptadas a locais frios e úmidos e a mudança deste cenário irá agravar e restringir sua área de ocorrência no futuro (Wrege *et al.*, 2009; Marchioro *et al.*, 2019).

2.2 SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS E DIVERSIDADE DE ESPÉCIES FLORESTAIS

Os serviços ecossistêmicos (SEs) são entendidos como benefícios para o bem-estar humano fornecidos pelos ecossistemas, que devem ser fenômenos ecológicos e não necessitam ter uso direto (Fisher *et al.*, 2009). Esses serviços são categorizados em: provisão, fornecendo água, madeira e entre outros; suporte, que sustenta os demais serviços, como fotossíntese, formação do solo; regulação, que mantém o equilíbrio dos ecossistemas, como o sequestro de carbono e polinização; e cultural, que são benefícios não materiais (Parron, 2015). Isso evidencia a importância dos ecossistemas para os seres humanos, bem como sua conservação, visto que todos os processos estão interligados, e a modificação antrópica pode afetar positivamente ou negativamente o provimento dos SEs.

Vários estudos têm demonstrado que florestas com maior diversidade de espécies são capazes de fornecer uma gama de serviços ecossistêmicos, incluindo o estoque de carbono no solo. Um estudo realizado por Li *et al.* (2024) na China, evidenciou que o aumento da diversidade vegetal elevou a produtividade das plantas, a estabilidade da comunidade vegetal, a produção de serrapilheira, o estoque de carbono orgânico do solo e a multifuncionalidade de provisionamento dos SEs. Da mesma maneira, Schuldt *et al.* (2023), ainda na China, relataram que os estoques de carbono total são influenciados pela riqueza de espécies e idade da floresta, enquanto o carbono do solo é influenciado pela biodiversidade de organismos decompositores.

Desta forma, observa-se que a biodiversidade, seja da fauna ou flora, determina a quantidade e qualidade dos SEs providos por uma floresta.

2.3 ESTOQUES DE CARBONO DA VEGETAÇÃO

O sequestro de carbono (C), ou seja, a remoção a longo prazo do CO₂ da atmosfera (IPCC, 2019, p. 697), é realizado pelas florestas e pode ser quantificado por meio de estimativas de biomassa acima e abaixo do solo, visto que cerca de 50% da biomassa é composta por carbono (Martin *et al.*, 2018). As plantas removem o CO₂ da atmosfera através da fotossíntese, armazenando uma parte em seu lenho, na forma de lignina e outros compostos resistentes, e o restante sendo liberado pela respiração (Caldeira, 2003; Lal, 2008). Devido as espécies arbóreas possuírem maior sistema radicular, elas apresentam maior capacidade de ciclagem de nutrientes, entre eles o carbono, devolvendo ao solo o que foi absorvido através da deposição da serrapilheira e decomposição de suas raízes a longo prazo (Haag, 1985 apud Dantas, 2020). Então, as florestas representam o principal estoque a longo prazo no ciclo do carbono, armazenando-o na madeira e no solo por centenas de anos, até que seja liberado por processos de respiração, decomposição, erosão ou queima (Chang, 2004).

Na região dos neotrópicos, cerca de 2,4 milhões de km² (33% da área de terra total) é coberta por florestas secundárias, que estocam 25% do carbono total acima do solo (Chazdon *et al.*, 2016). Essas florestas apresentam grande potencial de sequestro de C, pois ainda estão em processo de regeneração e em pleno crescimento. Na FOM, a biomassa média da vegetação é de 84,3 ton/ha (Vibrans *et al.*, 2022), o que equivale a cerca de 39,2 ton/ha de C, evidenciando a importância da FOM para a regulação deste componente na atmosfera.

2.4 ESTOQUES DE CARBONO DO SOLO E SERRAPILHEIRA

Através da fotossíntese, as árvores absorvem o carbono e armazenando-o, em parte, em suas folhas, que com os processos fisiológicos irão senescer e compor a serrapilheira sobre o solo (Andrade *et al.*, 2003). Este material orgânico, com temperatura e umidade ideais, será decomposto por microrganismos, que liberam parte do CO₂, mas incorporam o restante como matéria orgânica do solo (MOS) (Puig, 2008). A MOS possui alta correlação com o carbono orgânico, visto que é composta por cerca de 58% de carbono (Salmo *et al.*, 2024; SARE, 2023).

Devido à grande diversidade de espécies em florestas naturais, existem gradientes de elementos que compõe a serrapilheira, sendo o carbono o elemento em maior quantidade. Ometto *et al.* (2006) encontraram diferenças nos valores de carbono presentes nas folhas de árvores, isso principalmente devido à altura e diferenças na estrutura da floresta, que atua sobre a ciclagem deste elemento no solo. Florestas em regeneração estocam mais carbono pois, além de estarem crescendo, as espécies pioneiras apresentam um teor de carbono mais elevado em suas folhas (Tapia-Coral *et al.*, 2005) evidenciando a importância dessas espécies no ciclo de carbono. Isso ocorre inicialmente como estoque, e no fim do seu desenvolvimento como fonte de carbono para o solo, provendo também outros nutrientes de sua composição, como o nitrogênio (Weissgerber *et al.*, 2024).

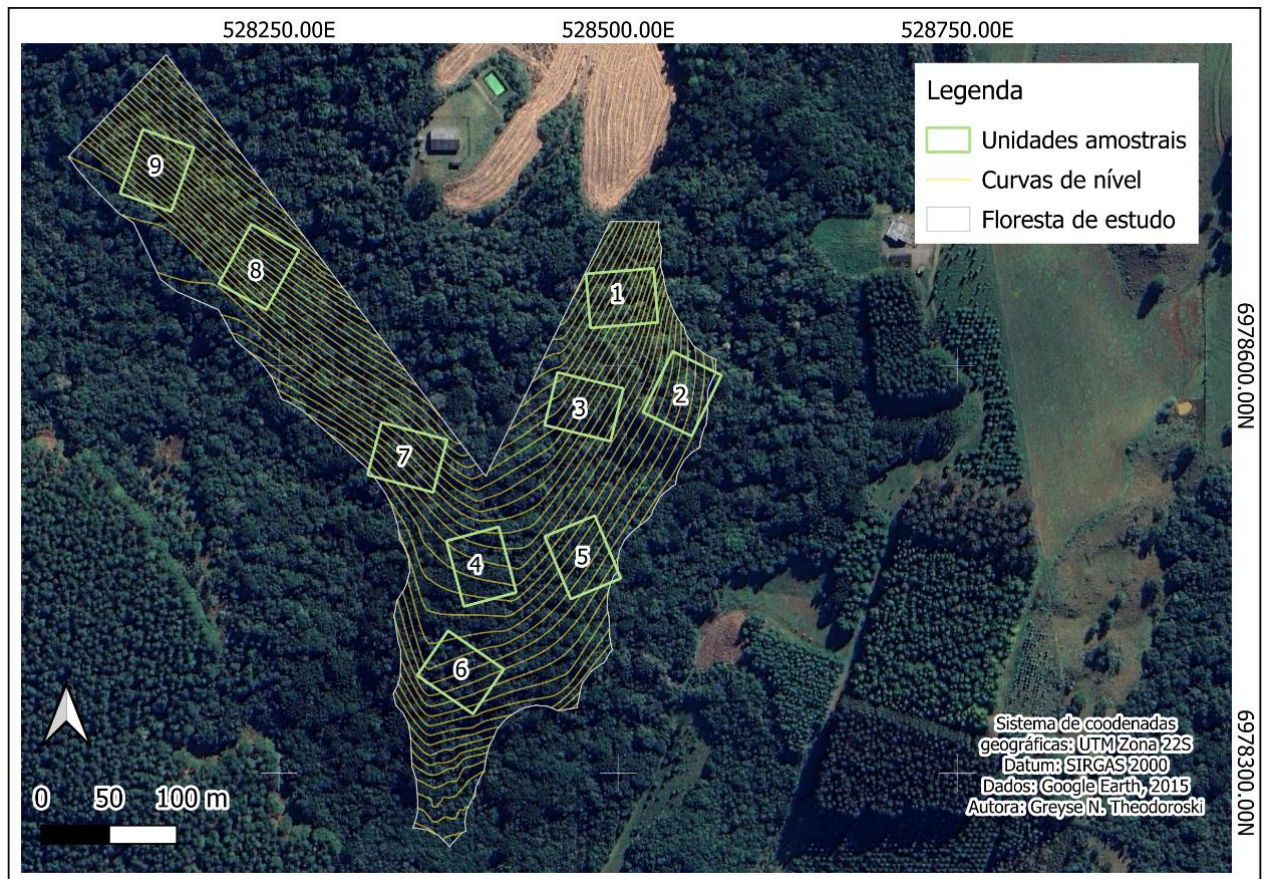
Solos de regiões subtropicais de altitude e temperadas, ou seja, mais frias, possuem maiores estoques de carbono, visto que a atividade microbiana é mais lenta, diferente de solos de regiões tropicais em que a decomposição da MOS é rápida e libera CO₂ rapidamente (WBGU, 1998). O estoque de C encontrado para a Mata Atlântica brasileira possui uma média de 128,6±14,3 ton/ha⁻¹ na profundidade de 1 metro, e 79,7 ton/ha⁻¹ (62% do total) é encontrado na profundidade de 0-40 cm. Isso mostra que amostrar apenas em menores profundidades irá subestimar o estoque total de C do solo (Guerrini *et al.*, 2024). Entretanto, em regiões montanhosas com solos rasos, não é possível realizar amostras em grandes profundidades, sendo este um fator limitante para a estimativa do C, como é o caso de muitos locais na FOM em Santa Catarina, incluindo a área de estudo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO E IMPLANTAÇÃO DAS UNIDADES AMOSTRAIS

O estudo foi conduzido em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana (FOMM) na Área Experimental Florestal (AEF) da Universidade Federal de Santa Catarina - Campus de Curitibanos que possui 8,3 ha de área (Figura 2). O clima do local é Cfb (clima temperado, com verão ameno 9Koppen). A área é composta por duas classes de solo, Neossolos e Cambissolos, ambos caracterizados como rasos e pouco desenvolvidos (Potter *et al.*, 2004) distribuídos em diferentes posições no relevo.

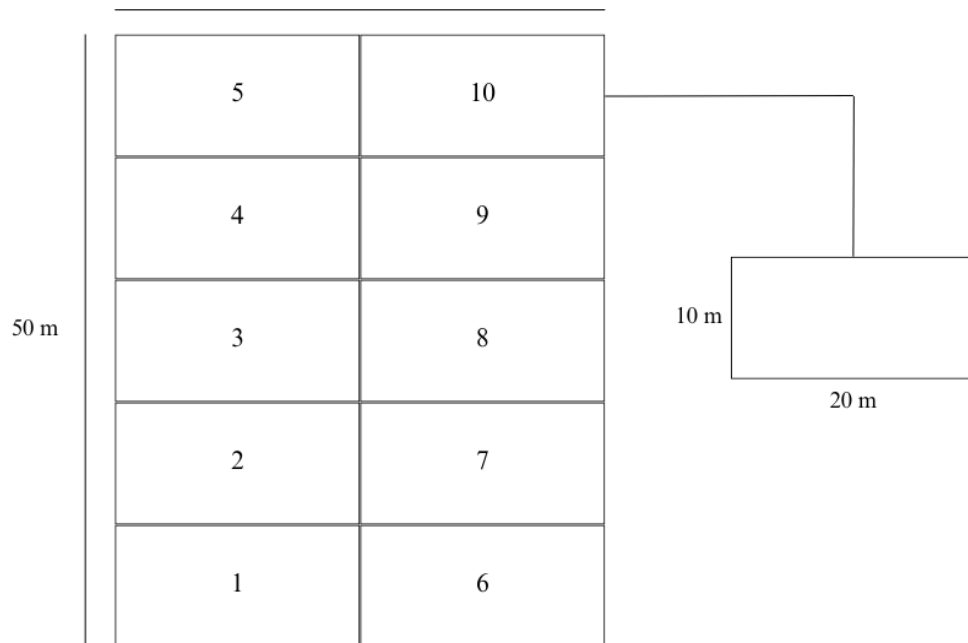
Figura 2 – Mapa de localização das unidades amostrais na área de estudo.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Na área de estudo foram alocadas nove unidades amostrais permanentes (UA's) de 50 x 40 m, ou seja, 2000 m² (Figura 2). As UA's foram subdivididas em 10 subparcelas de 10 x 20 m (Figura 3) para melhor organização da coleta de dados. Além disso, utilizando dados do SIGSC (Santa Catarina, 2016) com precisão de 1 metro, foi determinada a declividade de cada UA.

Figura 3 – Esquematização das unidades amostrais em campo.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

3.2 COLETA DE DADOS DA VEGETAÇÃO

As características dendrométricas das árvores, ou seja, diâmetro a altura do peito (d) e altura, foram coletadas utilizando uma fita métrica e um Hipsômetro a laser Haglöf Vertex 5, respectivamente. Esses dados foram coletados de todas as árvores com diâmetro medido a 1,3 m do solo, maior ou igual a 10 centímetros ($d \geq 10$ cm) em todas as UA's.

3.3 DETERMINAÇÃO DE BIOMASSA E CARBONO DA VEGETAÇÃO

A biomassa das árvores foi estimada utilizando a equação pantropical (Equação 1) de Feldpausch *et al.* (2012).

$$AGB = 0.0567 * (d^2 * h * \rho)^{0.989} \quad (1)$$

Em que: AGB, biomassa aérea individual(ton./ha); d , diâmetro à altura do peito (cm); h , altura da árvore (m); ρ , densidade da madeira (g/cm³). A densidade da madeira foi obtida em Oliveira *et al.* (2018). A biomassa das árvores foi multiplicada pelo fator de conversão de Martin *et al.*

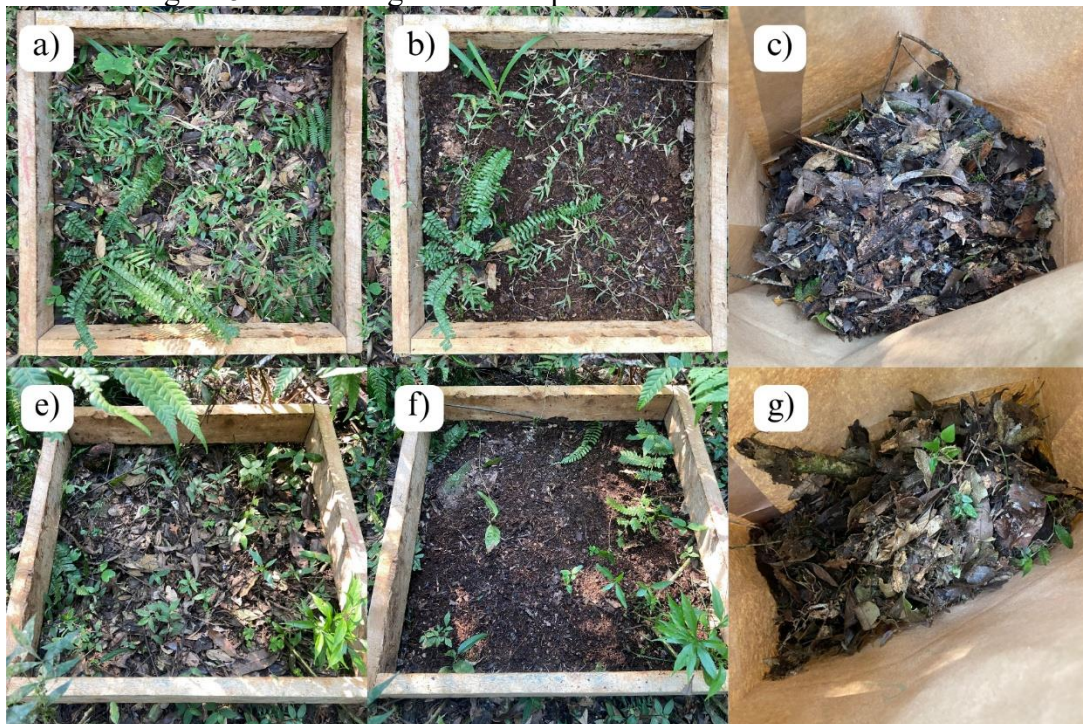
(2018) para a obtenção do carbono estocado por árvore. Em seguida, o carbono das árvores foi somado por UA e este extrapolado para 1 ha, para obtenção do estoque de carbono na vegetação.

O estoque de carbono de *Araucaria angustifolia* foi utilizado como proxy, devido às evidências da importância da espécie para o carbono acima do solo na FOM (Cysneiros *et al*, 2024).

3.4 COLETA DE DADOS DA SERRAPILHEIRA

A serrapilheira foi coletada nas quatro extremidades de cada UA, ou seja, nas subparcelas 01, 05, 06 e 10 (Figura 3). Para isso, foi utilizado um gabarito com 0,50 x 0,50 m (0,25 m²) (Figura 5.a, b, c e d), coletando-se todo o material orgânico morto sobre o solo e depositando-o em saco de papel (Figura 5.e e 4.f), identificado com seu respectivo número de UA e subparcela, totalizando 36 amostras de serrapilheira.

Figura 5 – Amostragem de serrapilheira nas unidades amostrais.



Fonte: A autora (2025).

3.5 DETERMINAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO DA SERRAPILHEIRA

A serrapilheira coletada com gabaritos de 0,25 m² foi posteriormente seca em estufa com circulação e renovação de ar a 65°C, até atingir peso constante (Figura 7.a). Em seguida foi utilizado um moinho de facas (Figura 7.b) para a moagem do material (Figura 7.c e 7.d), e posteriormente utilizada uma peneira de 0,5 mm para o preparo da amostra para análise de teor de carbono seguindo o método da mufla adaptada por Goldin (1987 apud Carmo e Silva, 2012), bem como as instruções da norma 13999 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2017).

O material pronto para a análise foi submetido à secagem em estufa a 105°C por 24 horas para retirada de toda a umidade presente. Após esse período, as amostras foram acondicionadas em forno tipo mufla a 525°C por 3 horas e posterior pesagem (Figura 8.a e 8.b). O teor de matéria orgânica foi determinado com base na perda de massa do material incinerado de acordo com a Equação 8.

$$MO (\%) = \frac{(P - (T - C) * 100)}{P} \quad (8)$$

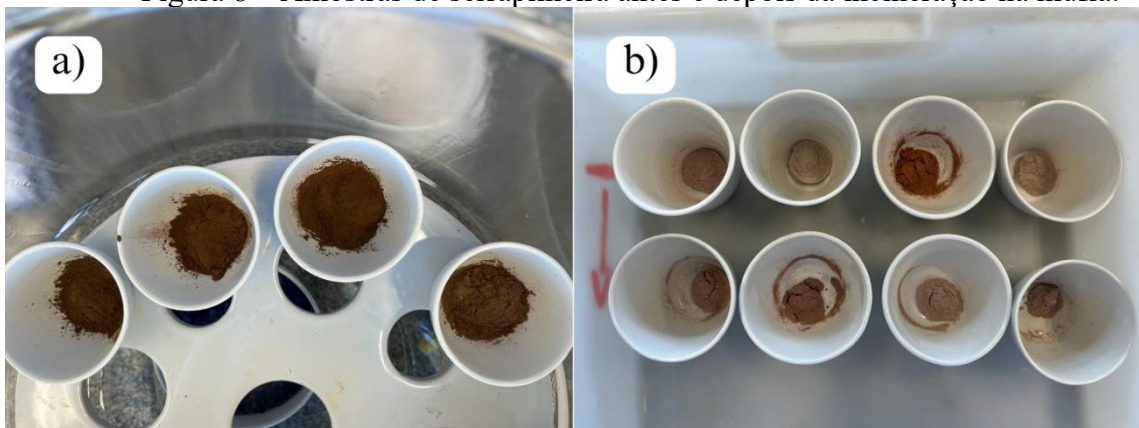
Em que: MO (%), teor de matéria orgânica; P, peso da amostra depois da secagem a 105°C (g); C, tara do cadinho (g); T, peso da cinza e cadinho (g). Para a conversão de matéria orgânica em carbono, utilizou-se o fator de Carmo e Silva (2012), multiplicando o valor obtido por 2.

Figura 7 – Processo de secagem e moagem da serrapilheira.



Fonte: A autora (2025).

Figura 8 – Amostras de serrapilheira antes e depois da incineração na mufla.



Fonte: A autora (2025).

3.6 COLETA DE DADOS DO SOLO

Para realizar a análise do carbono orgânico total (COT) do solo, as amostras foram coletadas em todas as UA's com uma trincheira aberta por UA (Figura 4). Em cada trincheira

foram coletadas 6 subamostras, três amostras com estruturas preservadas em cilindros para a avaliação da densidade do solo (segundo metodologia da Embrapa), nas camadas 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm de profundidade. Nas mesmas camadas foram coletadas amostras de solo para a avaliação do carbono (aproximadamente 100 gramas).

Figura 4 – Coleta de solo nas unidades amostrais.



Fonte: A autora (2025).

O solo foi seco em estufa com circulação de ar a 60°C, peneirado em peneira de 2,0 mm e armazenado para a avaliação do carbono com solução sulfocrômica (dicromato de sódio 15% + H₂SO₄ 5 mol L⁻¹) com calor externo (Tedesco *et al.*, 1995) e descrito resumidamente a seguir: 1,5 g de solo foi adicionado em Erlenmeyer de 50 ml, e adicionado 15 ml de solução sulfocrômica. As amostras foram aquecidas por 30 minutos a 80°C e em seguida, determinado a quantidade de CR₃₊ em espectrofotômetro de absorção molecular a 645 nm. Apenas essas três camadas foram consideradas devido ao solo ser raso e pedregoso, que limitou a coleta em maiores profundidades (ver Anexo A).

3.7 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DO SOLO

A densidade do solo é utilizada para determinar os estoques de carbono, sendo calculada com base na massa seca do solo e no volume do anel de coleta, obtida conforme a Equação 6 (Teixeira, 2017).

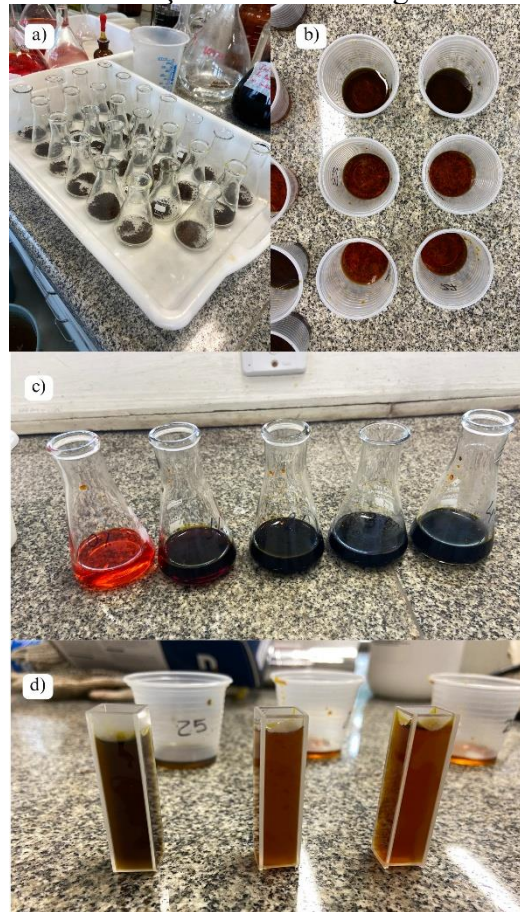
$$Ds = \frac{MS}{V_{anel}} \quad (6)$$

Em que: Ds, densidade do solo (g/cm³); MS, massa seca do solo (g); V_{anel}, volume do anel de coleta (cm³). O solo foi seco em estufa com circulação e renovação de ar até atingir peso constante e posteriormente pesado em balança analítica.

3.8 DETERMINAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO

O estoque de carbono do solo (SCS) foi determinado a partir da matéria orgânica, utilizando a metodologia de Tedesco *et al.* (1995) baseada na oxidação da matéria orgânica do solo por solução sulfocrômica e determinação por espectrofotometria do Cr³⁺. Foram retiradas amostras de 1,5 g de cada subamostra do solo (Figura 6.a), onde foram selecionadas as partículas menores de 0,2 mm em uma peneira e posteriormente submetidas aos procedimentos de aquecimento, repouso (Figura 6.b) e espectrofotometria com absorvância na faixa de 645 nm (Figura 6.c). Para quantificar o carbono orgânico total (COT), para cada amostra foi construída uma curva de calibração de glicose, que possui a quantidade de C conhecida, com 0, 1, 2, 3 e 4% (Figura 6.d).

Figura 6 – Determinação do carbono orgânico total do solo.



Fonte: A autora (2025).

Após a determinação do carbono por camada, o valor obtido por amostra foi extrapolado para 1 ha para cada camada individualmente e para o total, ou seja, a soma das três camadas. O SCS, ou seja, o estoque de carbono no solo, foi calculado pela Equação 7.

$$SCS = \frac{\% COT * Ds}{100} \quad (7)$$

Em que: SCS, estoque de carbono do solo (ton/ha); %COT, porcentagem de carbono no solo; Ds, densidade do solo (g/cm³).

Após a determinação do estoque de carbono por camada, foi realizada a soma das camadas para obtenção do SCS por parcela, ou seja, considerando a profundidade de 0-30 cm.

3.9 DIVERSIDADE DE ESPÉCIES E ESTRUTURA FLORESTAL

3.9.1 Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H')

O índice de Shannon-Wiener é o mais utilizado para determinar a diversidade baseado na abundância dos indivíduos amostrados, com maior peso a espécies raras na amostra (Magurran, 2013), sendo calculado pela Equação 2.

$$H' = -\sum pi * \ln pi \quad (2)$$

Em que: H', Índice de Shannon-Wiener; pi, proporção de indivíduos da i-ésima espécie (Equação 3); ln, logaritmo de base neperiano.

$$pi = \frac{ni}{N} \quad (3)$$

Em que: ni, número de indivíduos amostrados para a espécie i; N, número total de indivíduos amostrados.

3.9.2 Índice de Equabilidade de Pielou (J)

O índice de equabilidade é representado pela Equação 4 e atribui maior peso a espécies dominantes ou com alta abundância (Magurran, 2013).

$$J = \frac{H'}{\ln(s)} \quad (4)$$

Em que: J, Índice de Equabilidade de Pielou; H', Índice de Diversidade de Shannon-Wiener; ln, logaritmo neperiano; s, número total de espécies amostradas.

3.9.3 Área basal (G)

A área basal individual de cada árvore é calculada pela Equação 5. A partir da soma das mesmas, é obtida a área basal da parcela, representando a cobertura dos troncos das árvores em cada UA (Soares *et al.*, 2011).

$$g = \frac{\pi * d^2}{40000} \quad (5)$$

Em que: g , área basal (m²/ha); π , constante matemática; d , diâmetro à altura do peito (cm).

3.10 ANÁLISE DOS DADOS

Para a análise da relação entre as variáveis foi realizada a correlação de Pearson e Análise de Componentes Principais (PCA), que ordena a variabilidade dos dados agrupando as UA's de acordo com características comuns (variáveis). Todos os cálculos e as análises gráficas foram realizados no software R versão 4.3.2 (R Core Team, 2024), com auxílio dos pacotes: *vegan* (Oksanen *et al.*, 2025); *ds* (Arnhold, 2014); *PerformanceAnalytics* (Peterson *et al.*, 2024); *ggplot2* (Wickham, 2016); *ggpubr* (Kassambara, 2023); *FactoMineR* (Le *et al.*, 2008) e *factoextra* (Kassambara *et al.*, 2020).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COMPARTIMENTALIZAÇÃO DOS ESTOQUES DE CARBONO

As características da diversidade, estrutura e estoques da vegetação estão apresentadas na Tabela 1, ordenadas por UA.

Tabela 1 – Características da vegetação amostrada na área de estudo.

Parcela	N	G	H'	J	S	AGB	AGC	AGCA
1	555	23,33	2,54	0,82	22	117,43	54,60	9,50
2	1032	24,04	2,67	0,84	23	108,96	50,66	6,62
3	660	34,98	2,47	0,84	19	193,71	90,07	22,73
4	745	29,01	2,26	0,73	22	134,05	62,33	15,07
5	880	38,29	2,64	0,79	27	204,93	95,29	25,90
6	870	34,62	2,42	0,81	20	168,92	78,55	4,05
7	660	31,78	2,63	0,85	22	148,43	69,02	9,34
8	530	31,49	2,28	0,82	16	160,43	74,60	1,99
9	535	20,78	2,52	0,84	20	98,68	45,89	0,49
Média	719	29,81	2,49	0,82	23	148,39	69	10,63
Desvio padrão	177,06	5,98	0,15	0,04	3,03	37,09	17,25	8,94
CV (%)	24,64	20,05	6,02	4,55	14,29	25	25	84,06

Em que: N, número de indivíduos por ha; G, área basal (m²/ha); H', diversidade de Shannon; J, equabilidade de Pielou; S, riqueza de espécies; AGB, estoque de biomassa acima do solo (Mg ha⁻¹); AGC, estoque de carbono acima do solo (Mg C ha⁻¹); AGCA, estoque de carbono da araucária (Mg C ha⁻¹). CV, coeficiente de variação (%). Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Os valores de diversidade e de equabilidade encontrados foram de 2,49 e 0,82, respectivamente. Kanieski *et al.* (2010), encontrou para uma FLONA no Rio Grande do Sul, valores de 3,19 e 0,79 para diversidade e equabilidade, sendo o primeiro um valor superior ao apresentado neste estudo, e o segundo um valor semelhante. Desta forma, em média, a floresta possui menor diversidade e riqueza de espécies, mas uma maior equabilidade, ou seja, as espécies estão bem distribuídas ao longo da floresta. Entretanto, observa-se que existem locais em que há dominância de algumas espécies, como a UA 4, com menor diversidade e maior dominância (Tabela 1). Além disso, as 10 espécies mais comuns são *Campomanesia xanthocarpa*, *Myrcia palustris*, *Lithraea brasiliensis*, *Banara tomentosa*, *Cinnamodendron dinisii*, *Myrcia oblongata*, *Clethra scabra*, *Styrax leprosus*, *Araucaria angustifolia* e *Lonchocarpus* sp. Estas espécies totalizam 810 indivíduos dos 1216 encontrados (66,12%) sendo assim, as mais importantes para composição e estrutura da floresta estudada.

O estoque de carbono encontrado para a vegetação (AGC) apresenta valor médio de 69 Mg C ha⁻¹. Estes valores estão abaixo dos valores 104,7 e 101,6 Mg C ha⁻¹ encontrados por Watzlawick *et al.* (2012 para a mesma formação florestal e com o mesmo critério de inclusão ($d \geq 10$ cm). Entretanto, o AGC encontrado aproxima-se do estoque de carbono florestal encontrado por Mognon *et al.* (2013) no sul do estado do Paraná, de 77,54 Mg C ha⁻¹ em uma floresta em estágio médio de sucessão. Vibrans *et al.* (2022) encontrou para toda a Floresta Ombrófila Mista uma média de 39,2 Mg C ha⁻¹, essa diferença é decorrente do método de amostragem utilizado, com vários estágios de sucessão. A comparação dos estoques evidencia

que a floresta estudada ainda está em desenvolvimento, não tendo alcançado seu potencial máximo de acúmulo de carbono.

O valor do estoque de carbono da serrapilheira (LCS) encontrado (Tabela 2) condiz com o estudo realizado por Maas (2015), com 3,53 Mg C ha⁻¹ e por Watzlawick *et al.* (2002), com 3,30 Mg C ha⁻¹ em uma floresta em estágio médio, ambos realizados em FOM. Essa variação, mesmo que baixa, deriva de fatores bióticos e abióticos em cada local estudado, bem como de características como a proporção de copa, taxa de decomposição, ataque de insetos, entre outros fatores que influenciam o aporte e acúmulo de serrapilheira (Cunha *et al.*, 1997).

Já os valores do estoque de carbono no solo (SCS) encontrados, variaram de 45,97 a 102,02 Mg C ha⁻¹ com média de 72,95 Mg C ha⁻¹, sendo um valor maior que o encontrado por Oliveira (2010) na mesma profundidade de solo (0-30 cm), onde obtiveram 46,78 Mg C ha⁻¹ de média. Santos *et al.* (2019) avaliaram em diferentes profundidades e o maior valor de SCS foi na profundidade 20-40 cm (49,6 Mg C ha⁻¹), o que condiz com os valores encontrados no presente estudo (Tabela 2), com parcelas contendo maior estoque de carbono na camada mais profunda (20-30 cm). No estudo citado, a média do SCS total é maior do que o encontrado, com 121,5 Mg C ha⁻¹.

Tabela 2 – Estoques de carbono contidos no solo e da serrapilheira

Parcela	C10	C20	C30	SCS	PSER	LCS
1	40,36	30,05	21,15	91,55	5,27	2,22
2	22,57	20,68	25,74	68,99	7,36	3,09
3	39,56	22,15	40,30	102,02	9,35	4,13
4	16,80	17,97	11,21	45,97	10,50	4,57
5	23,50	17,41	15,94	56,85	13,85	5,88
6	17,78	22,61	21,19	61,57	7,92	3,22
7	19,17	32,90	32,46	84,53	6,40	2,87
8	30,53	19,34	18,51	68,37	10,37	4,50
9	41,74	17,74	17,20	76,68	8,25	3,08
Média	28	22,32	22,63	72,95	8,81	3,73

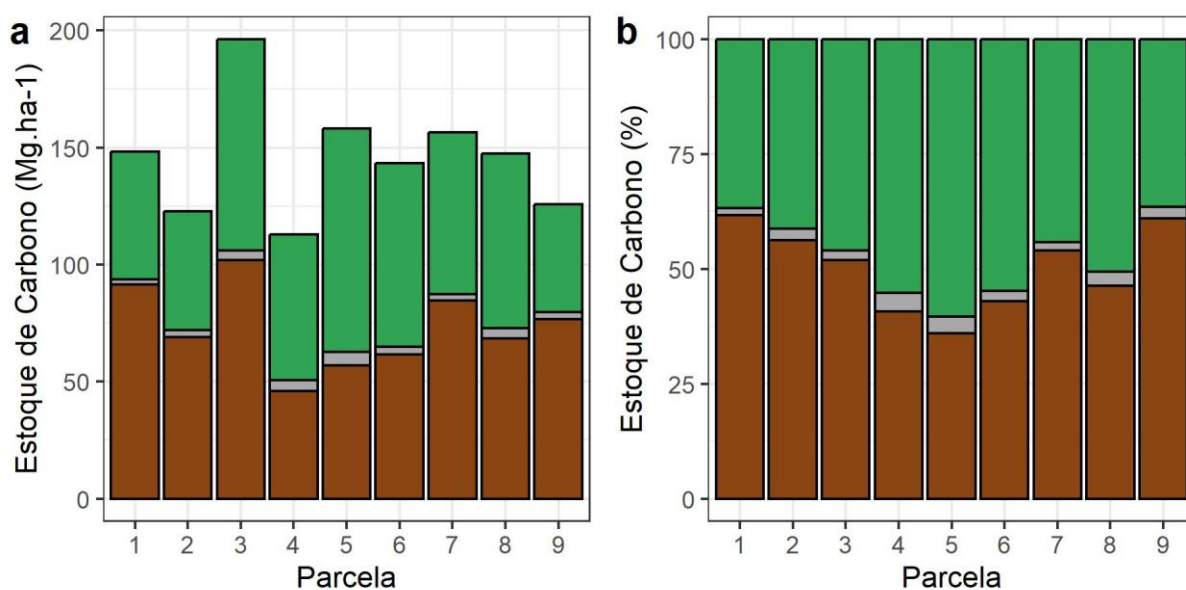
Em que: C10, estoque de carbono 0-10 cm de profundidade (Mg C ha⁻¹); C20, estoque de carbono 10-20 cm de profundidade (Mg C ha⁻¹); C30, estoque de carbono 20-30 cm de profundidade (Mg C ha⁻¹); SCS, estoque de carbono total do solo (Mg C ha⁻¹); PSER, peso da serrapilheira (Mg ha⁻¹) e LCS, estoque de carbono da serrapilheira (Mg C ha⁻¹).

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Observando a compartimentalização do estoque de carbono em toda floresta (Figura 9), é possível observar as diferenças entre os compartimentos em cada UA em valores absolutos e relativos. A UA 3, se destaca por possuir um elevado estoque no solo, que juntamente com a vegetação e a serrapilheira, totaliza 196 Mg C ha⁻¹. O menor valor total é encontrado na UA 4,

com apenas 112 Mg C ha⁻¹, bem como o menor valor encontrado de estoque no solo (45,97 Mg C ha⁻¹). A UA 5 se sobressai quanto ao carbono na vegetação e na serrapilheira, com 95,29 e 5,88 Mg C ha⁻¹, sendo também a UA que possui maior valor relativo de estoque na floresta em comparação ao solo, bem como as UA's 4, 6 e 8 (Figura 9.b). Neste sentido, a parcela 1 e 9 apresentam menores valores relativos de carbono na vegetação e maiores no solo, enquanto as restantes demonstram certa equivalência nos compartimentos acima e abaixo do solo.

Figura 9 – Compartimentalização do estoque de carbono na vegetação, serrapilheira e solo por unidade amostral.



Em que: as barras em coloração verde representam a vegetação, em cinza a serrapilheira e em marrom o solo, a) é o valor total do estoque de carbono e b) o valor relativo por UA.

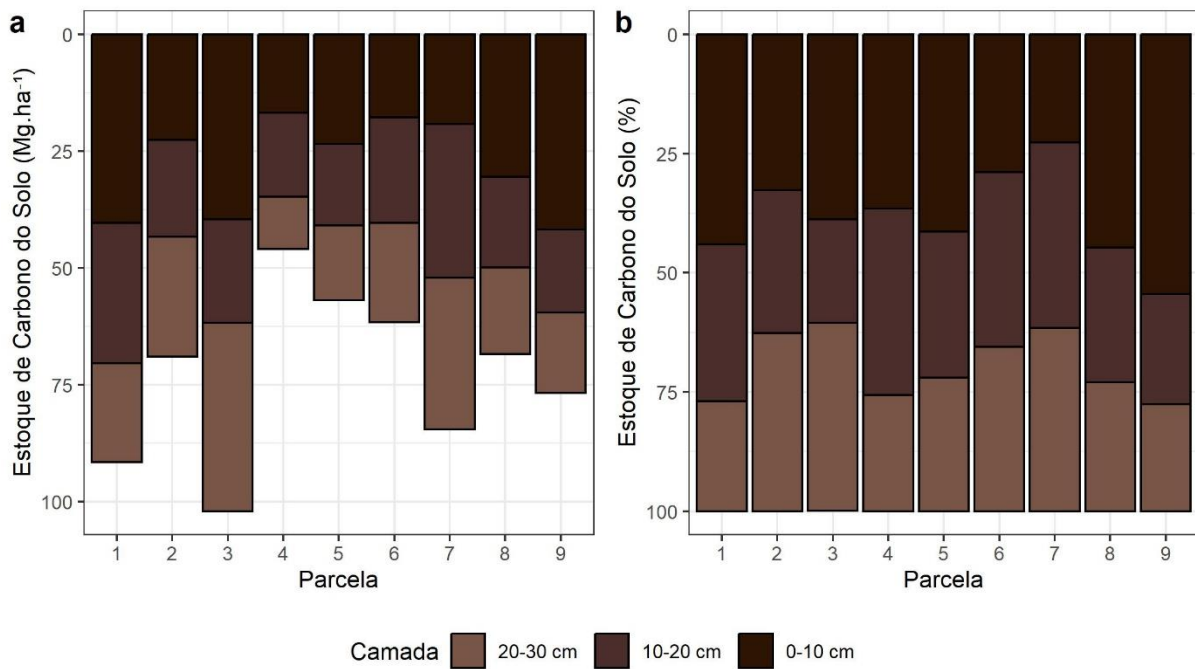
Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Em um estudo realizado por Pinho (2024), nas mesmas UA's, a vegetação foi caracterizada em dois grupos, em que as UA's 1, 2, 7 e 9 apresentaram maior diversidade e as UA's 3, 4, 5, 6 e 8, que possuem maior estoque madeireiro, logo, maior biomassa. Da mesma maneira, estas mesmas parcelas apresentam essa característica de agrupamento no compartimento solo, onde as UA's com maior diversidade apresentam mais carbono no solo do que na vegetação e as UA's com maior estoque madeireiro mais carbono na vegetação do que no solo.

A Figura 10 apresenta o estoque de carbono nas diferentes camadas do solo com valores totais e relativos. Observa-se que as UA's 1, 3 e 9 são as que apresentam maiores valores na camada superficial, entretanto, a 3 é a única que apresenta equivalência entre as camadas 0-10 e 20-30. Enquanto as UA's 2, 6 e 7 tem o estoque maior na camada mais profunda. Isso

mostra o quão importante é determinar o carbono em profundidades maiores em ecossistemas florestais, visto que as árvores exploram mais o perfil do solo, auxiliando no armazenamento nas camadas mais profundas (Shi *et al.*, 2023).

Figura 10 - Compartimentalização do estoque do carbono nas camadas do solo por unidade amostral.



Em que: a) apresenta os valores totais e b) os valores relativos por parcela.

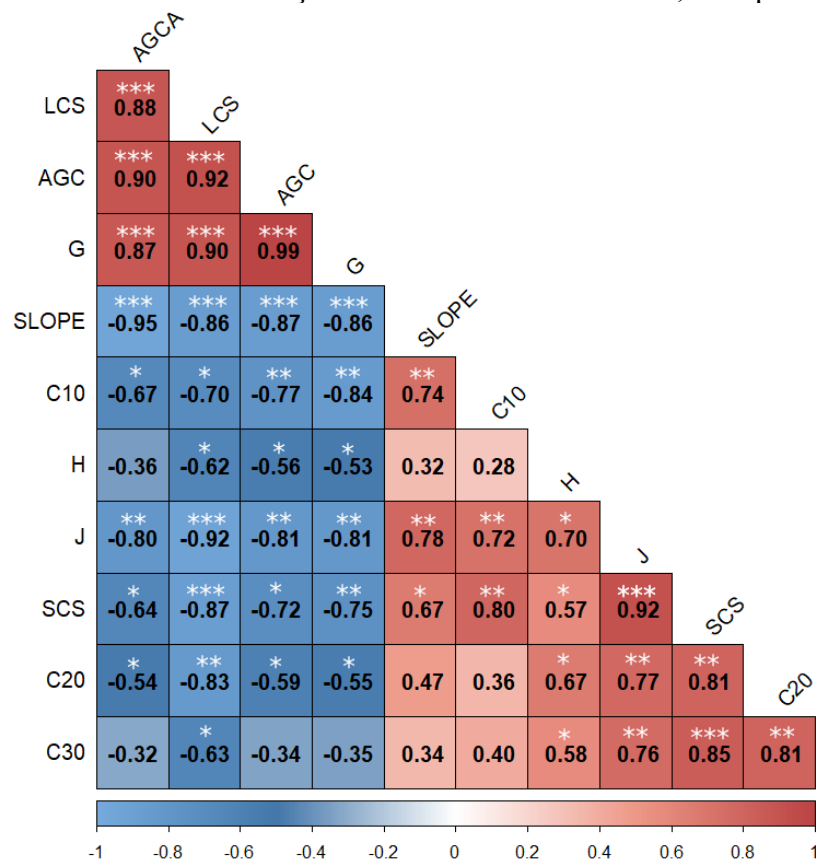
Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Entretanto, uma limitação do presente estudo foi a quantificação do SCS apenas até 30 cm, o que pode acarretar em subestimativas, uma vez que até 50% do SCS pode estar contido em camadas mais profundas até 100 cm (Guerrini *et al.*, 2024). A área de estudo, é muito pedregosa principalmente nas parcelas com maior declividade, o que dificultou a coleta do solo em maiores profundidades (ver anexo A). Entretanto, com a coleta realizada até 30 cm, foi possível observar que em alguns locais o estoque de carbono da camada mais profunda se aproxima, ou até mesmo supera, o da camada mais superficial. Isso provavelmente ocorre devido a intensa exploração do solo pelas raízes em toda a camada de solo.

4.2 RELAÇÕES ENTRE CARBONO ESTOCADO NA FLORESTA, SERRAPILHEIRA E SOLO

Observa-se na Figura 11, que o estoque de carbono no solo (SCS) possui uma alta correlação com a camada superficial (0-10 cm), que é naturalmente esperado devido à matéria orgânica ser decomposta principalmente nesta profundidade, mas também com a camada mais profunda (20-30 cm). Além disso, SCS e a declividade do solo (SLOPE) possuem correlação positiva, como o encontrado por Costa (2015), que atribuiu esse resultado ao menor uso antrópico e interesse na conversão do uso do solo em áreas declivosas, favorecendo o acúmulo de carbono ao longo do tempo.

Figura 11 – Matriz de correlação entre variáveis da floresta, serrapilheira e solo.



Em que: AGC, Carbono acima do solo; AGCA, Carbono acima do solo da araucária; G, área basal; LCS, Estoque de carbono da serrapilheira; SLOPE, Declividade; C10, C20, C30, Carbono no solo a 10, 20 e 30 cm de profundidade; H', Índice de Diversidade; J, Índice de Equabilidade; SCS, Estoque de carbono do solo. Valores em vermelho indicam correlação positiva, enquanto valores em azul indicam correlação negativa. A intensidade da cor representa a força da correlação. Níveis de significância: *** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Schnabel *et al.* (2025), observaram em uma floresta tropical, que a diversidade de espécies influenciou o carbono na serrapilheira e na vegetação, mas não influenciou o carbono no solo – sendo este amostrado apenas na camada 0-10 cm, sendo o oposto do encontrado no presente estudo, em que a diversidade (H') e equabilidade (J) possuem correlação positiva

significativa com SCS. Porém, Spohn *et al.* (2023) encontraram que H' e SCS possuem relação positiva apenas em locais quentes e áridos, já em locais frios e úmidos, essa relação não é tão forte, mostrando que SCS é afetado por H' por meio da qualidade da matéria orgânica, com forte dependência do clima.

Ao contrário do esperado, foi observada uma correlação negativa significativa entre o estoque de carbono do solo (SCS) e da serrapilheira (LCS). Isso pode ser explicado devido a coleta ser realizada no inverno, em que a taxa de decomposição diminui devido às menores temperaturas (Primieri *et al.*, 2017), fazendo com que o solo libere mais CO₂ do que o incorpore durante essa época. A correlação negativa entre LCS e estoque de carbono na camada de 0-10 cm (C10) também é justificada por essa explicação, visto que é o horizonte que mais emite CO₂ durante o inverno, devido ao maior aporte da serrapilheira neste período e menor decomposição (Primieri *et al.*, 2017). Porém, a correlação negativa entre SLOPE e LCS era esperada, visto que com maior declividade há mais lixiviação da serrapilheira, diminuindo o seu acúmulo e estoque de carbono.

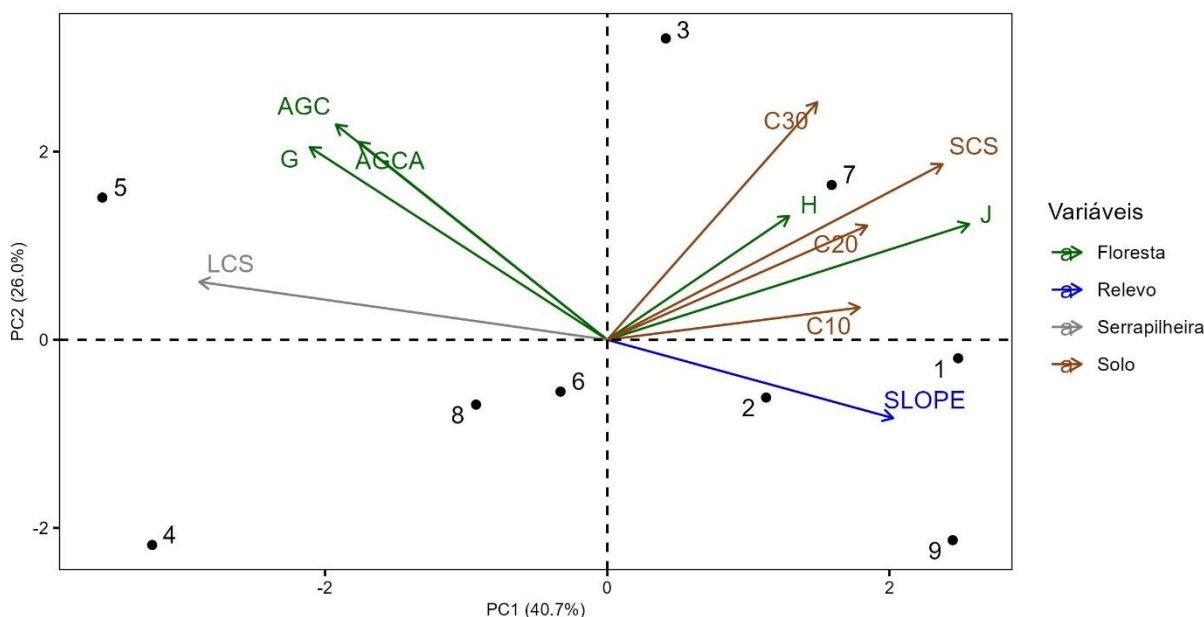
Observa-se ainda na Figura 11, que o estoque de carbono acima do solo (AGC) possui correlação positiva e significativa com G, o que era esperado, uma vez que quanto maior a cobertura dos fustes em uma floresta, maior o carbono estocado por ela (Cysneiros *et al.*, 2024). Entretanto, AGC apresentou correlação negativa com SLOPE, ou seja, em locais mais declivosos as árvores estocam menos carbono pela dificuldade de crescimento, sendo intensificado pela pedregosidade destes locais (Simmavong *et al.*, 2025; Sattler *et al.*, 2014).

Da mesma forma, H' e J apresentaram correlações negativas significativas com AGC, demonstrando que a diversidade taxonômica não influenciou o carbono estocado pelas árvores. Esse resultado também foi reportado por Vibrans *et al.* (2022) e Cysneiros *et al.* (2024), que justificaram pela abundância de indivíduos de *A. angustifolia*, apontando a espécie como um fator determinante para o estoque de carbono acima do solo na FOM. Nesse sentido, foi observada uma correlação positiva e significativa entre AGCA e LCS. Isso é explicado pelo fato de *A. angustifolia* constituir a fração mais representativa na composição da serrapilheira na FOM (Maas, 2021), além de apresentar um elevado teor de carbono (Mattos *et al.*, 2006; Ragan *et al.*, 2011).

A PCA na Figura 12 revelou dois agrupamentos com base na influência das variáveis analisadas. As UA's 4, 5, 6 e 8, as quais apresentaram mais carbono na vegetação do que no solo (Figura 9B), mostraram-se associadas às variáveis AGC, AGCA, G e LCS. O estoque de carbono na vegetação superior nestas UA's, desta forma, é atribuído à influência deste conjunto

de variáveis. As demais UA's apresentaram maiores estoques de carbono no solo. As UA's 3 e 7 se relacionaram com altos estoques de carbono em todas as camadas do solo e com a maior diversidade (H') e equabilidade de espécies (J). Enquanto as UA's 1, 2 e 9 relacionaram-se com a maior declividade e menores estoques na vegetação.

Figura 12 – Análise de componentes principais (PCA) para ordenamento das parcelas e variáveis bióticas e abióticas.



Em que: Os pontos representam as unidades amostrais; G, área basal (m^2/ha); AGC, estoque de carbono acima do solo ($Mg C ha^{-1}$); AGCA, estoque de carbono da araucária ($Mg C ha^{-1}$); H' , diversidade de Shannon; J , equabilidade de Pielou; e LCS, estoque de carbono da serrapilheira ($Mg C ha^{-1}$); C10, estoque de carbono 0-10 cm de profundidade ($Mg C ha^{-1}$); C20, estoque de carbono 10-20 cm de profundidade ($Mg C ha^{-1}$); C30, estoque de carbono 20-30 cm de profundidade ($Mg C ha^{-1}$); SCS, estoque de carbono total do solo ($Mg C ha^{-1}$); SLOPE, declividade ($^\circ$). Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Em resumo, os estoques de carbono no solo foram mais influenciados pela diversidade e equabilidade de espécies, enquanto o estoque na serrapilheira, pelas características da vegetação, com destaque para o papel da *A. angustifolia*. Desta forma, os fatores determinantes da compartimentalização do carbono na área de estudo se distinguem das florestas tropicais, onde a diversidade é um importante input do carbono estocado acima do solo (Schnabel *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2024; Balvanera *et al.*, 2006; Schuldt *et al.*, 2023). Isso provavelmente está relacionado à maior contribuição da espécie dominante *A. angustifolia*, que além de potencializar o estoque de carbono na vegetação (Cysneiros *et al.*, 2024), pode contribuir como o aumento do estoque de carbono na serrapilheira.

Os resultados do presente estudo contribuem para o entendimento da compartimentalização do carbono na Floresta Ombrófila Mista e de seus respectivos fatores

influentes. Os resultados destacam que a espécie *A. angustifolia* influencia positivamente o estoque de carbono da vegetação e da serrapilheira, sendo um fator determinante para o carbono estocado na FOM, evidenciando sua importância para a provisão de serviços ecossistêmicos. Além disso, os resultados demonstraram que maiores declividades levam a menores estoques de carbono tanto na vegetação como na serrapilheira.

5 CONCLUSÃO

O estoque de carbono na vegetação influenciou apenas o carbono na serrapilheira, impulsionado pela presença de *A. angustifolia*, aceitando parcialmente a hipótese (i). Da mesma forma, a diversidade contribuiu para maior estoque de carbono apenas no solo.

Por outro lado, a hipótese (ii) foi rejeitada, visto que a serrapilheira não contribuiu para o estoque de carbono no solo, provavelmente devido ao solo raso e a baixa temperatura, que contribui para o armazenamento do carbono no solo. Vale ressaltar que esse resultado pode ter sido influenciado pela época de coleta dos materiais, que pode interferir no fluxo do carbono entre compartimentos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A.G.; TAVARES, S. R de L.; COUTINHO, HL da C. **Contribuição da serrapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos**. Embrapa Solos - Informe Agropecuário, v. 24, n. 220, p. 55-63, 2003.
- ARNHOLD, E. Pacote em ambiente R para automatizar estatísticas descritivas. *Sigmae*, v. 1, pág. 36-42, 2014.
- BALVANERA, P. *et al.* Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology Letters*, v. 9, n. 10, p. 1146–1156, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00963.x>.
- BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field & laboratory methods for general ecology**. 2. ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, 1984, 226 p.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELLO, L. R.; VOGEL, H. L. M. Determinação de Carbono Orgânico em Povoamentos de *Acacia mearnsii* de Wild. Plantados no Rio Grande do Sul. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*, v.1, n. 2, p.48-49, 2003.
- CARVALHO, M. M. X. de. Os fatores do desmatamento da Floresta com Araucária: agropecuária, lenha e indústria madeireira. **Esboços - Revista do Programa de Pós-Graduação em História da UFSC**, v. 18, n. 25, p. 21, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7976.2011v18n25p32>.
- CHANG, M. Y. Sequestro florestal de carbono no Brasil – dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B. **Fixação de Carbono: Atualidades, Projetos e Pesquisas**. Curitiba: Laboratório de Inventário Florestal – UFPR/Instituto Ecolplan, p. 15 – 37, 2004.
- CHAZDON, R. L. *et al.* Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics. *Science Advances*, v. 2, e1501639, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1501639>.
- COSTA, Karine Machado. **O estoque de carbono na vegetação e no solo em fragmentos florestais de paisagens tropicais**. 2015. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- CUNHA, G.C. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em diferentes fases sucessionais de uma Floresta Estacional do Rio Grande do Sul**. Piracicaba, 1997. 86f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- CYSNEIROS, V. C.; PELISSARI, A. L.; FIGUEIREDO FILHO, A. Stand structure and Brazilian pine as key determinants of carbon stock in a subtropical Atlantic forest. *Carbon*

Balance and Management, [S.l.], v. 19, n. 1, p. 36, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13021-024-00284-y>.

FELDPAUSCH, T. R.; *et al.* Tree height integrated into pantropical forest biomass estimates. **Biogeosciences**, v. 9, n. 8, p. 3381–3403, 2012. DOI: 10.5194/bg-9-3381-2012.

FISHER, Brendan; TURNER, R. Kerry; MORLING, Paul. Definindo e classificando serviços ecossistêmicos para tomada de decisão. **Ecological Economics**, [SL], v. 68, n. 3, p. 643-653, jan. 2009. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014>.

GATTI, Luciana V. *et al.* Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. **Nature**, v. 595, n. 7867, p. 388-393, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03629-6>.

GUERRINI, I. A. *et al.* Evaluating carbon stocks in soils of fragmented Brazilian Atlantic Forests (BAF) based on soil features and different methodologies. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 10007, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-60629-y>.

HAAG, H. P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1985.

HARRIS, Nancy L.; GIBBS, David A.; BACCINI, Alessandro; BIRDSEY, Richard A.; BRUIN, Sytze de; FARINA, Mary; FATOYINBO, Lola; HANSEN, Matthew C.; HEROLD, Martin; HOUGHTON, Richard A.. Global maps of twenty-first century forest carbon fluxes. **Nature Climate Change**, [S.L.], v. 11, n. 3, p. 234-240, 21 jan. 2021. Springer Science and Business Media LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41558-020-00976-6>.

HIGUCHI, P.; SILVA, A. C. da; FERREIRA, T. de S.; SOUZA, S. T. de; GOMES, J. P.; SILVA, K. M. da; SANTOS, K. F. dos; LINKE, C.; PAULINO, P. da S. Influência de variáveis ambientais sobre o padrão estrutural e florístico do componente arbóreo, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana em Lages, SC. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 1, p. 79-90, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050985081>.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira** (Série Manuais Técnicos em Geociências – Número 1). Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2 ed. 2012. 271p.

IPCC. **Sections. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. Geneva: IPCC, 2023. p. 35-115. doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

KANIESKI, M. R.; ARAUJO, A. C. B.; LONGHI, S. J. Quantificação da diversidade em Floresta Ombrófila Mista por meio de diferentes Índices Alfa. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 567-577, dez. 2010.

KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. **factoextra: Extrair e visualizar os resultados de análises multivariadas de dados**. Pacote R versão 1.0.7, 2020. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>.

LAL, R. Carbon sequestration. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1492, p. 815–830, 27 fev. 2008.

LE, S.; JOSSE, J.; HUSSON, F. FactoMineR: Um Pacote R para Análise Multivariada. **Journal of Statistical Software**, v. 25, n. 1, p. 1-18, 2008. DOI: <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>.

LI, Yi; SCHULDT, Andreas; EBELING, Ana; EISENHAUER, Nico; HUANG, Yuanyuan; ALBERT, Jorge; ALBRACHT, Cynthia; AMYNTAS, Ângelos; BONKOWSKI, Michael; BRUELHEIDE, Helge. Plant diversity enhances ecosystem multifunctionality via multitrophic diversity. **Nature Ecology & Evolution**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-024-02517-2>.

LIMA NETO, E. M. de. *et al.* Índices ecológicos para a gestão da arborização de ruas de Boa Vista-RR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 16, n. 1, p. 21, 2021. DOI: 10.5380/revsbau.v16i1.77163.

MAAS, G.C.B; SANQUETTA, C.R; MARQUES, R. *et al.* Produção de carbono a partir da serapilheira sazonal na Mata Atlântica brasileira. **Southern Forests: A Journal of Forest Science**, v. 83, n. 2, p. 128-134, 2021.

MARCHIORO, C. A.; SANTOS, K. L.; SIMINSKI, A. Presente e futuro da *Araucaria angustifolia*, espécie criticamente ameaçada de extinção devido às mudanças climáticas e à perda de habitat. **Forestry: An International Journal of Forest Research**, v. 93, n. 3, p. 401-410, abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpz066>.

MARTIN, A. R.; DORAISAMI, M.; THOMAS, S. C. Global patterns in wood carbon concentration across the world's trees and forests. **Nature Geoscience**, v. 11, p. 915–920, 2018. DOI:1038/s41561-018-0246-9.

MENDELSON, Robert; SEDJO, Roger; SOHNGEN, Brent. Forest carbon sequestration. In: PARRY, Ian; BLACK, Simon; VERDE, Stefano (ed.). **Fiscal Policy to Mitigate Climate Change: A Guide for Policymakers**. Washington, DC: International Monetary Fund, 2022. p. 89-102.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES (MCTIC). **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa**. 6. ed. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/estimativas-anuais-de-emissoes-gee/arquivos/6a-ed-estimativas-anuais.pdf/@@download/file/6a%20ed%20Estimativas%20Anuais.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2024.

MOGNON, F.; DALLAGNOL, F. S.; SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; BARRETO, T. G. Uma década de dinâmica da fixação de carbono na biomassa arbórea em Floresta Ombrófila Mista no Sul do Paraná. **Floresta**, v. 43, n. 1, p. 153, 2013.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.; MITTERMEIER, C. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853–858, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1038/35002501>.

NODARI, E. S. Florestas com araucárias uma história do antropoceno. In NODARI, E. S.; CARVALHO, M. M. X.; ZARTH, P. A. (Ed.). **Fronteiras fluidas: florestas com araucárias na América Meridional**. Oikos Editora, São Leopoldo: 2018.

OKSANEN, J. *et al. vegan: Pacote de Ecologia Comunitária*. Pacote R versão 2.6-10, 2025. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

OLIVEIRA, GMV *et al.*. AMOSTRAGEM DE DISCOS E USO DE EQUAÇÕES PARA ESTIMAR A DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA EM DIVERSAS FITOFISIONOMIAS. **Ciência Florestal**, v. 4, pág. 1615–1626, fora. 2018.

OLIVEIRA, Laércio Pereira de. **Carbono e nutrientes no solo e na serapilheira em Floresta Ombrófila Mista Montana e plantio de *Pinus elliottii* Engelm.** 2010. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2010.

OMETTO, J. P. H. B.; EHLERINGER, J. R.; DOMINGUES, T. F. *et al.* The stable carbon and nitrogen isotopic composition of vegetation in tropical forests of the Amazon Basin, Brazil. **Biogeochemistry**, v. 79, p. 251–274, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10533-006-9008-8>.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. New York: United Nations, 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF : Embrapa, 2015.

PETERSON, BG; CARL, P. **PerformanceAnalytics: Ferramentas Econométricas para Análise de Desempenho e Risco**. Pacote R versão 2.0-8, 2024. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=PerformanceAnalytics>.

PINHO, Leandro Correa. **Composição, estrutura e potencial madeireiro em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no município de Curitibaanos**. 2024. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ecossistemas Agrícolas e Naturais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibaanos, Curitibaanos, 2024.

POTTER, R. O.; CARVALHO, A. P. de; FLORES, C. A.; BOGNOLA, I. Solos do Estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2004. 721 p. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 46). ISSN 1678-0892.

PUIG, Henri. **A floresta tropical úmida**. Tradução de Maria Leonor Frederico Rodrigues Loureiro. São Paulo: Editora UNESP: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo; França: instituto de Recherche pour le Développement, 2008. 496 p.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

SALMO, S. G.; MANALO, S. P. B.; JACOB, P. B.; GERONA-DAGA, M. E. B.; NAPUTO, C. F. P.; MARAMAG, M. W. A.; BASYUNI, M.; SIDIK, F.; MACKENZIE, R. Improving soil carbon estimates of Philippine mangroves using localized organic matter to organic carbon equations. **Carbon Balance and Management**, v. 19, n. 1, p. 31, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13021-024-00276-y>.

SANTA CATARINA (Estado). Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. Secretaria Executiva do Meio Ambiente. **Modelo Digital do Terreno (MDT) do Estado de Santa Catarina**: mapa digital [recurso eletrônico]. Levantamento aerofotogramétrico realizado entre 2010 e 2012. Florianópolis: SDE, 2016. Disponível em: <http://sigsc.sds.sc.gov.br>.

SANTOS, H.G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 531 p. ISBN 978-85-7035-817-2.

SANTOS, Kristiana Fiorentin dos, *et al.* Teores e estoques de carbono orgânico do solo em diferentes usos da terra no Planalto Sul de Santa Catarina. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, SC, v. 18, n. 2, p. 222-229, 2019. DOI: 10.5965/223811711812019222.

SARE. **Amount of Organic Matter in Soils**. Sustainable Agriculture Research and Education (SARE), 2023. Disponível em: <https://www.sare.org/resources/building-soils-for-better-crops/soil-organic-matter/>.

SATTLER, Dietmar *et al.* Influence of soil and topography on aboveground biomass accumulation and carbon stocks of afforested pastures in South-East Brazil. **Ecological Engineering**, [S. l.], v. 73, p. 126-131, dez. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.09.003>.

SCHNABEL, F. *et al.* Tree diversity increases carbon stocks and fluxes above—But not belowground in a tropical forest experiment. **Global Change Biology**, v. 31, n. 2, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.70089>.

SCHULDT, A. *et al.* Carbon–biodiversity relationships in a highly diverse subtropical forest. **Global Change Biology**, v. 29, p. 5321–5333, 2023.

SHI, Jingwei; DENG, Lei; GUNINA, Anna; *et al.* Carbon stabilization pathways in soil aggregates during long-term forest succession: Implications from $\delta^{13}\text{C}$ signatures. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 180, p. 108988, 2023.

SHUKLA, G.; CHAKRAVARTY, S. Biomassa, nutriente primário e estoque de carbono em uma floresta sub-Himalaia de Bengala Ocidental, Índia. **Journal of Forest and Environmental Science**, v. 34, n. 1, p. 12-23, 2018. DOI: <https://doi.org/10.7747/JFES.2018.34.1.12>.

SIMMAVONG, Tim *et al.* Forest structure predicts aboveground biomass better than community trait-weighted mean, functional diversity, topography and soil in a tropical forest

across spatial scales. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 578, 15 fev. 2025.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122457>.

SOARES, C.P.B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A.L. **Dendrometria e inventário florestal**. 2. Ed. Viçosa: Editora UFV. 2011. 272 p.

SPOHN, Marie *et al.* **The positive effect of plant diversity on soil carbon depends on climate**. **Nature Communications**, London, v. 14, n. 6624, 2023.
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-42340-0>.

TAPIA-CORAL, S.; LUIZÃO, F.; WANDELLI, E. *et al.* Carbon and nutrient stocks in the litter layer of agroforestry systems in central Amazonia, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 65, p. 33–42, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-004-5152-0>.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.

UHLMANN, A. *et al.* **Inventário florístico florestal de Santa Catarina: diversidade e conservação dos remanescentes florestais**. Blumenau: Edifurb, 2012. v. 1. p. 113-126.

United Nations (UN). **Report of the World Commission on Environment and Development: Our common future**. United Nations General Assembly, 1987. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>

VIBRANS, A. C.; OLIVEIRA, L. Z.; GASPER, A. L.; LIGNER, D. V.; SCHORN, L. A.; SILVA, D. A. Imprevisível: estimativas de rotatividade de grandes áreas identificadas para o Atlântico subtropical brasileiro baseadas em dados coletados sistematicamente. **Forest Ecology and Management**, v. 505, p. 119902, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119902>

WATANABE, M. D. B.; ORTEGA, E. Ecosystem services and biogeochemical cycles on a global scale: valuation of water, carbon and nitrogen processes. **Environmental Science & Policy**, v. 14, n. 6, p. 594-604, Oct. 2011. DOI: [10.1016/j.envsci.2011.05.013](https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.05.013).

WATZLAWICK, L. F. *et al.* Estoque de biomassa e carbono na Floresta Ombrófila Mista Montana, Paraná. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 353-362, set. 2012.

WATZLAWICK, L. F. *et al.* **As florestas e o carbono**. Curitiba: UFPR, 2002, p. 153-173.

WBGU (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN). **Die Anrechnung biologischer Quellen und Senken im Kyoto-Protokoll: Fortschritt oder Rückschritt für den globalen Umweltschutz?** [A consideração de fontes e sumidouros biológicos no Protocolo de Kyoto...]. Sondergutachten 1998. Bremerhaven: WBGU, 1998. Disponível em: http://www.swi-bremerhaven.de/WBGU/wbgu_sn1998.html. Acesso em: 10 ago. 2025.

WEISSGERBER, M.; CHANTELOUP, L.; BONIS, A. Carbon stock increase during post-agricultural succession in central France: no change of the superficial soil stock and high variability within forest stages. **New Forests**, v. 55, n. 5, p. 1533–1555, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-024-10044-y>.

WICKHAM, H. ggplot2: Gráficos Elegantes para Análise de Dados. Nova Iorque: **Springer-Verlag**, 2016.

WREGGE, M. S.; HIGA, R. C. V.; BRITZ, R. M.; GARRASTAZU, M. C.; SOUSA, V. A. de; CARAMORI, P. H.; RADIN, B.; BRAGA, H. J. Climate change and conservation of *Araucaria angustifolia* in Brazil. **Unasylva**, v. 60, n. 231/232, p. 30-33, 2009.

ZELARAYÁN, M. L. C.; CELENTANO, D.; OLIVEIRA, E. C.; TRIANA, S. P.; SODRÉ, D. N.; MUCHAVISOY, K. H. M.; ROUSSEAU, G. X. Impacto da degradação sobre o estoque total de carbono de florestas ripárias na Amazônia Oriental, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 45, n. 3, p. 271-282, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201500432>.

ZOREK, B. E.; BISWAS, S.; BRUM, F. T.; LEIMGRUBER, P.; CARLUCCI, M. B. How much *Araucaria* Mixed Forest remains? Novel perspectives on conservation status based on satellite imagery and policy review. **Biological Conservation**, v. 296, p. 110723, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110723>.

ANEXO A – Pedregosidade e profundidade do solo na área de estudo.



ANEXO B – Estoques de carbono em cada compartimento por unidade amostral.

Parcela	Compartimento	Estoque (ton/ha)	Estoque (%)
1	Floresta	54,60	36,80
1	Serrapilheira	2,22	1,50
1	Solo	91,55	61,70
2	Floresta	50,66	41,28
2	Serrapilheira	3,09	2,52
2	Solo	68,99	56,21
3	Floresta	90,07	45,91
3	Serrapilheira	4,13	2,10
3	Solo	102,02	51,99
4	Floresta	62,33	55,22
4	Serrapilheira	4,57	4,05
4	Solo	45,97	40,73
5	Floresta	95,29	60,30
5	Serrapilheira	5,88	3,72
5	Solo	56,85	35,98
6	Floresta	78,55	54,80
6	Serrapilheira	3,22	2,25
6	Solo	61,57	42,96
7	Floresta	69,02	44,12
7	Serrapilheira	2,87	1,84
7	Solo	84,53	54,04
8	Floresta	74,60	50,58
8	Serrapilheira	4,50	3,05
8	Solo	68,37	46,36
9	Floresta	45,89	36,52
9	Serrapilheira	3,08	2,45
9	Solo	76,68	61,03