

# SOLO, ÁGUA, PLANTA E VARIÁVEIS AMBIENTAIS:

---

Impactos e suas transformações  
no Sul do Amazonas

José Maurício da Cunha  
Milton César Costa Campos  
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva  
(Organizadores)

# SOLO, ÁGUA, PLANTA E VARIÁVEIS AMBIENTAIS:

---

Impactos e suas transformações  
no Sul do Amazonas

José Maurício da Cunha  
Milton César Costa Campos  
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva  
(Organizadores)

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

José Maurício da Cunha

Milton César Costa Campos

Douglas Marcelo Pinheiro da Silva

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso



Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



# Solo, água, planta e variáveis ambientais: impactos e suas transformações no sul do Amazonas

**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** José Maurício da Cunha  
Milton César Costa Campos  
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S689 Solo, água, planta e variáveis ambientais: impactos e suas transformações no sul do Amazonas / Organizadores José Maurício da Cunha, Milton César Costa Campos, Douglas Marcelo Pinheiro da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0234-3

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.343221905>

1. Solo - Uso - Amazônia. 2. Água. 3. Plantas. I. Cunha, José Maurício da (Organizador). II. Campos, Milton César Costa (Organizador). III. Silva, Douglas Marcelo Pinheiro da (Organizador). IV. Título.

CDD 333.75130981

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

O Bioma Amazônico é caracterizado por ser uma região bastante extensa, apresentando elevada diversidade geológicas, geomorfológicas, edáficas, climáticas e de vegetação. Contudo, a composição e as características funcionais de espécies vegetais apresentam grandes efeitos na dinâmica dos ecossistemas florestais. Assim, com o intuito de obter maior conhecimento da dinâmica dos nutrientes em áreas de recuperação florestal, manutenção da produtividade em sítios degradados, avaliação de impactos do solos em ambiente sobre intensa ocupação humana, assim como os impactos decorrentes de incêndios florestais, estudos correlatos tem sido profundamente discutidos em diversas temáticas, com a finalidade de obter informações relevantes para melhor compreender os funcionamentos desses ecossistemas.

Os estudos sobre ecossistemas da Amazônia, especialmente no Sul-sudeste do Amazonas, vem sendo discutidos por meio de pesquisas acadêmicas a partir do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, desde o ano de 2016, com a implantação no Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas em Humaitá, que, na ocasião, conseguiu produzir resultados importantes na construção de um conhecimento crítico da real dinâmica espaço-temporal das transformações ambientais no contexto Amazônico, promovido por um pequeno grupo de estudantes e professores com trabalhos voltados para estudar as relações entre solo, água, planta e variáveis ambientais.

O Grupo de Pesquisa “Solos em Ambientes Amazônico”, criado em 2009, foi se destacando em importantes pesquisas à medida que se consolidava, com aprovações de Projetos de Pesquisas, que auxiliaram e continua a auxiliar o grupo a prover infraestrutura adequada na realização de diversas frentes de pesquisas, como Projetos de Iniciação Científica, Trabalhos de Conclusão de Curso de Graduação, Dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado, favorecendo a geração de conhecimento e formação de recursos humanos altamente qualificadas no interior da Amazônia. Além disso, o grupo de pesquisa também realizou Eventos Científicos e de Popularização da Ciência e publicação de Livros.

Dessa forma, as pesquisas oriundas do Grupo de Pesquisa “Solos e Ambiente Amazônico” e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais é que tornaram-se possível apresentar esta **Coletânea de Trabalhos em solo, água, planta e variáveis ambientais**, oriundo de Dissertações de Mestrado.

Agradecemos à Pro-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPESP) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), que apoiou a realização deste livro através do EDITAL N.31/2021 – PROPESP/UFAM: PROGRAMA DE APOIO À PUBLICAÇÃO DE LIVROS – 2021, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), que apoiou a realização do ***III Simpósios de Ciência do Solo da Amazônia Ocidental***,

sendo possível apresentar o material intitulado: **“Solo, água, planta e variáveis ambientais: impactos e suas transformações no Sul do Amazonas”**.

Milton César Costa Campos

José Maurício da Cunha

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

ESTIMATIVA DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO EM UMA MICROBACIA DO RIO PURUZINHO, SUL DO AMAZONAS

Uilson Franciscon  
José Maurício da Cunha  
Milton César Costa Campos  
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva  
Natasha Souza Araújo Lemos  
Elilson Gomes de Brito Filho  
Wildson Benedito Mendes Brito

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3432219051>

### **CAPÍTULO 2..... 34**

ATRIBUTOS FÍSICOS, CARBONO ORGÂNICO E DIMENSÃO FRACTAL DA TEXTURA EM SOLOS SOB AMBIENTES NATURAIS E ANTROPIZADOS NA REGIÃO SUL DO AMAZONAS

José Cezar Frozzi  
José Maurício da Cunha  
Milton César Costa Campos  
Anderson Cristian Bergamin  
Wildson Benedito Mendes Brito  
Uilson Franciscon  
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva  
Alan Ferreira Leite de Lima  
Elilson Gomes de Brito Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3432219052>

### **CAPÍTULO 3..... 85**

ESTUDO DA SERAPILHEIRA, BIOMASSA RADICULAR E VARIÁVEIS DO SOLO: UMA ABORDAGEM SOCIOAMBIENTAL NA AMAZÔNIA

Ozias da Cunha Bello  
José Maurício da Cunha  
Milton César Costa Campos  
Alan Ferreira Leite de Lima  
Elilson Gomes de Brito Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3432219053>

### **CAPÍTULO 4..... 116**

PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO SUL DO AMAZONAS

Natasha Souza Araújo Lemos  
José Maurício da Cunha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3432219054>

**CAPÍTULO 5..... 168**

MODELAGEM DA PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS NO SUL DO AMAZONAS UTILIZANDO O MÉTODO DA MÁXIMA ENTROPIA

Rômulo Henrique Marmentini Vogt

José Maurício da Cunha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3432219055>

**CAPÍTULO 6..... 193**

CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS EM UMA LITOSSEQUÊNCIA ARENITO-GNAISSE EM MANICORÉ – AM

Julimar da Silva Fonseca

Milton César Costa Campos

Bruno Campos Mantovanelli

Laércio Santos Silva

Alan Ferreira Leite De Lima

Elilson Gomes de Brito Filho

José Maurício da Cunha

Emily Lira Simões

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3432219056>

**CAPÍTULO 7..... 245**

FRAÇÕES ORGÂNICAS DO CARBONO EM AMBIENTES DE PASTAGENS E FLORESTA NO NORTE DE RONDÔNIA

Elyenayra Nogueira Pinheiro

Milton César Costa Campos

Elilson Gomes de Brito Filho

José Maurício da Cunha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3432219057>

**CAPÍTULO 8..... 275**

ERODIBILIDADE DO SOLO EM ÁREAS SOB AMBIENTES NATURAIS E ANTROPIZADOS NO CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL SUL DO AMAZONAS

Abdul Luis Hassane

Milton César Costa Campos

Douglas Marcelo Pinheiro da Silva

José Maurício da Cunha

Juliana Malta de Assis

Wildson Benedito Mendes Brito

Alan Ferreira Leite de Lima

Elilson Gomes de Brito Filho

Flávio Pereira de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3432219058>

**CAPÍTULO 9.....295**

**APORTE E DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA E ATRIBUTOS DO SOLO NO CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL DA AMAZÔNIA**

Maria Clécia Gomes Sales  
Milton César Costa Campos  
Elilson Gomes de Brito Filho  
José Maurício da Cunha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3432219059>

**SOBRE OS ORGANIZADORES .....321**

## ESTUDO DA SERAPILHEIRA, BIOMASSA RADICULAR E VARIÁVEIS DO SOLO: UMA ABORDAGEM SOCIOAMBIENTAL NA AMAZÔNIA

Data de aceite: 10/03/2022

Data de submissão: 03/03/2022

### Ozias da Cunha Bello

Mestre em Ciências Ambientais  
Universidade Federal do Amazonas  
belloufam@hotmail.com

### José Maurício da Cunha

Doutor em Física Ambiental  
Universidade Federal do Amazonas  
maujmc@gmail.com

### Milton César Costa Campos

Doutor em Ciência do Solo  
Universidade Federal da Paraíba  
mcesarsolos@gmail.com

### Alan Ferreira Leite de Lima

Mestre em Agronomia  
Universidade Federal do Amazonas  
ala\_leite@hotmail.com

### Elilson Gomes de Brito Filho

Graduando em Agronomia  
Universidade Federal da Paraíba  
bfsambiente@gmail.com

**RESUMO:** A diversidade biológica é uma característica marcante do bioma Amazônico. A serapilheira é responsável pela maior parcela dos nutrientes devolvidos ao solo, além de fornecer proteção contra os agentes erosivos. O objetivo desse estudo foi quantificar a produção anual de serapilheira, determinar

a velocidade de decomposição e o tempo de meia vida ( $T_{1/2}$ ), estimado pela constante (k) e comparar os resultados, nos diferentes ambientes de estudo. O estudo foi desenvolvido no município de Humaitá-AM, região pertencente a mesorregião Sul do Amazonas. As áreas de coletada estão situadas na altura do Km 11 ao longo da BR 319 sentidos Humaitá/ Manaus, sendo quatro áreas distintas. Uma área de floresta nativa (FN), uma de reflorestamento com Teca (RET), com espaçamento médio (3x3), uma de reflorestamento com Jenipapo (REJ), com espaçamento médio (3x3) e outra de reflorestamento composta por Teca, Jenipapo, Andiroba, sumaúma e mogno (REM), com espaçamento médio (4x3). Para a avaliação da produção de serapilheira, foram instalados de modo aleatório dez coletores cônicos em cada área de estudo. Cada coletor com área de 0,21 m<sup>2</sup> (perímetro igual a 1,62 m) construídos com tubo de ¾", em material plástico de polietileno, com fundo de tela de nylon de 1 mm. As coletas foram realizadas mensalmente no período de abril de 2018 a março de 2019. Cada amostra de serapilheira foi colocada, separadamente, em sacos de papel devidamente identificados e levadas para laboratório e secas em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C. Foi realizado a triagem das frações folhas, ramos, material reprodutivo (flores, sementes e frutos) e miscelânea (restante do material). A estimativa da taxa de decomposição da serapilheira foi feita pela análise de perda de massa utilizando-se *litter bags*, sendo distribuídos aleatoriamente 64

*litter bags* em cada área de estudo. A produção de serapilheira anual foi de 8,03 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, para o ambiente de floresta nativa (FN), não havendo significância para as demais áreas de estudo. Entre as frações da serapilheira a que mais contribuiu foi a fração foliar, atingindo maior média percentual no ano de 72,1% para o ambiente de reflorestamento com teca (*Tectona grandis*) RET. A decomposição da serapilheira ocorreu de forma mais acelerada (0,0025 g g<sup>-1</sup>dia) para o ambiente de reflorestamento com jenipapo (*Genipa americana* L.) REJ, sendo necessários 277,26 dias para que fosse decomposta metade do material foliar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aporte florestal; Ciclagem de nutrientes; Deposição; Litter bags.

**ABSTRACT:** Biological diversity is a striking characteristic of the Amazonian biome. Litter is responsible for most of the nutrients returned to the soil and provide protection against the erosive agents. The aim of this study was to quantify the annual litter production, determine the rate of decomposition and the time of Mayan life ( $T_{1/2}$ ), estimated by the constant (k) over time and compare the results in different study environments. The study was conducted in the municipality of Humaita, the region belonging to the south of the Amazon mesoregion. The collected areas are situated at Km 11 along the BR 319 senses Humaita / Manaus, four distinct areas. A forest area (NF), a reforestation with teak (RET), with an average spacing (3x3), a reforestation with Jenipapo (REJ) with average spacing (3x3) and another consisting of Teak reforestation, Jenipapo andiroba, kapok and mahogany (REM), with an average spacing (4x3). For the evaluation of litter production were installed at random ten conical collectors in each study area. Each collector with 0.21 m<sup>2</sup> (perimeter equal to 1.62 m) tube constructed from ¾ "polyethylene plastic material with 1mm nylon screen background. Samples were taken every month from April 2018 to March 2019. Each litter sample was placed separately in paper bags properly identified and taken to the laboratory and dried in air forced circulation stove at 65 ° C. sorting fractions of leaves, branches, reproductive material were performed (flowers, seeds and fruits), and miscellaneous (remaining material). The estimation of the litter decomposition rate was performed by analysis of mass loss using litter bags being randomly distributed litter bags 64 in each study area. Annual litter yield was 8.03 Mg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, for native forest environment (FN), with no significance to the other areas of study. Among the fractions of litter contributed the most was the leaf fraction, reaching the highest average percentage of 72,1% in the year for reforestation environment with teak (*Tectona grandis*) RET. The litter decomposition occurred more rapidly (0.0025 g g<sup>-1</sup>day) for reforestation environment with jenipap (*Genipa americana* L.) REJ, 277.26 days are needed for it to be decomposed half leaf material.

**KEYWORDS:** Forest contribution; Nutrient cycling; Deposition; Litter bags.

## 1 | INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios científicos brasileiros é planejar um sistema de gestão territorial para a Amazônia, a região de maior biodiversidade do planeta (VIEIRA et al., 2005), de um lado está a conservação dos seus extraordinários recursos naturais do

outro lado a promoção do desenvolvimento social e econômico. De acordo com Neto et al. (2015), as florestas oferecem produtos e serviços diversificados, contribuindo para o desenvolvimento ambiental, econômico e social em todo o mundo.

Grandes modificações, decorrentes de ações antrópicas nas últimas décadas, vêm transformando a floresta Amazônica, principalmente pelas atividades agrícolas, abertura de estradas e sobretudo pela expansão da pecuária extensiva (ROSA et al., 2013). A geração de informações sobre a produção e decomposição de serapilheira são importantes ferramentas para a compreensão e conservação dessas áreas, bem como suas inter-relações com meio (HOLANDA et al., 2017), possibilitando um melhor planejamento de ações voltadas para exploração desses recursos naturais.

A serapilheira florestal é constituída por resíduos orgânicos formada sobre os solos devido à queda periódica de folhas, ramos, cascas, flores, frutos e da acumulação de detritos animais (AQUINO et al., 2016), os quais ao caírem se decompõem e fornecem nutrientes para o solo (GARTNER; CARDON, 2004).

Segundo Holanda et al. (2017), há uma dinâmica na ciclagem biogeoquímica para os diferentes ecossistemas florestais, que proporciona melhoria nos atributos químicos e físicos do solo, acredita-se ainda que, entre as diversas tipologias florestais, existem fatores abióticos intrínsecos influenciando no processo de ciclagem dos nutrientes, como temperatura, água e composição do solo.

O estudo de indicadores de sustentabilidade, bem como os fatores que envolvem os processos de deposição, decomposição e transferência de nutrientes das serapilheiras são fatores importantes, no monitoramento dos sistemas agrícolas, tendo em vista que nos dias atuais busca-se o uso sustentável dos recursos naturais (GUIMARÃES et al., 2010).

As florestas tropicais desempenham um papel importante no armazenamento e absorção de carbono da atmosfera, bem como nas mudanças do clima em escala global. A sobrevivência desse ecossistema e a sua produtividade é atribuída principalmente à sua alta diversidade vegetal, composta por espécies nativas adaptadas às condições climáticas e nutricionais do solo, que, por sua vez, desenvolveram ao longo do tempo mecanismos eficientes de ciclagem de nutrientes (JORDAN, 1985; MENDES, 2018).

Os impactos decorrentes do desflorestamento dos ecossistemas florestais implicam em maiores índices de erosão e compactação, promovendo a exaustão dos nutrientes do solo (FEARNSIDE, 2006). Conhecer a produção de biomassa, densidade do sistema radicular e o comportamento das espécies florestais é fundamental para tomada de decisões no sentido de amenizar possíveis impactos decorrentes de atividades que promovem a remoção dos ecossistemas florestais.

A biomassa de raízes tem uma participação efetiva nos processos que ocorrem abaixo do solo em ecossistemas, pois sua rápida renovação contribui de forma marcante

nas adições de matéria orgânica no solo, tendo importante função reguladora no ciclo do carbono e nitrogênio em ecossistemas florestais (MENEZES et al., 2010). As raízes são importantes na sustentação das árvores em especial as raízes finas que constituem um dos principais meios na captação dos recursos do solo, sendo que seu comprimento e número são indicadores da capacidade de absorção de nutrientes (FREITAS et al., 2008).

A distribuição e a densidade de raízes dependem do tipo do sistema radicular, variando no decorrer do ano, com sua propagação ocorrendo sobretudo no período chuvoso, e sua morte e diminuição ao final do período de crescimento (LARCHER, 2000; MENEZES et al., 2010). Os estudos sobre produção de biomassa de raízes finas em florestas naturais e plantadas podem ser realizados com o intuito de contribuir para um melhor ordenamento territorial, uso e ocupação da terra voltado para cada região. Observando a importância do sistema radicular das espécies florestais e a escassez de estudos sobre o assunto voltado para a região, objetivou-se por meio desse estudo, quantificar a biomassa, observar o comportamento e a densidade de raízes  $\leq 2$  mm, atribuído a características químicas do solo em áreas de reflorestamento e floresta nativa na mesorregião Sul Amazonense, bem como em quantificar a produção anual de serapilheira, determinar a velocidade de decomposição em função do tempo, estimado pela constante (k), ao longo de um ano e comparar os resultados, nos diferentes ambientes de estudo.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido na altura do Km 11 ao longo da BR 319 sentidos Humaitá/Manaus no município de Humaitá, classificado como mesorregião Sul Amazonense (Figura 1). Os ambientes de estudo foram divididos em quatro áreas distintas, sendo uma área de floresta nativa (FN), uma de reflorestamento com Teca (RET), com espaçamento médio (3x3), uma de reflorestamento com Jenipapo (REJ), com espaçamento médio (3x3) e outra de reflorestamento composta por Teca, Jenipapo, Andiroba, sumaúma e mogno (REM), com espaçamento médio (4x3).

O município de Humaitá está cerca de 200 km ao norte da capital de Rondônia, Porto Velho, e 675 km ao Sul de Manaus, capital do Amazonas. Seus vizinhos são os municípios de Manicoré ao Norte, Tapua ao Leste, Canutama a Oeste e o estado de Rondônia ao Sul (MARTINS et al., 2006).

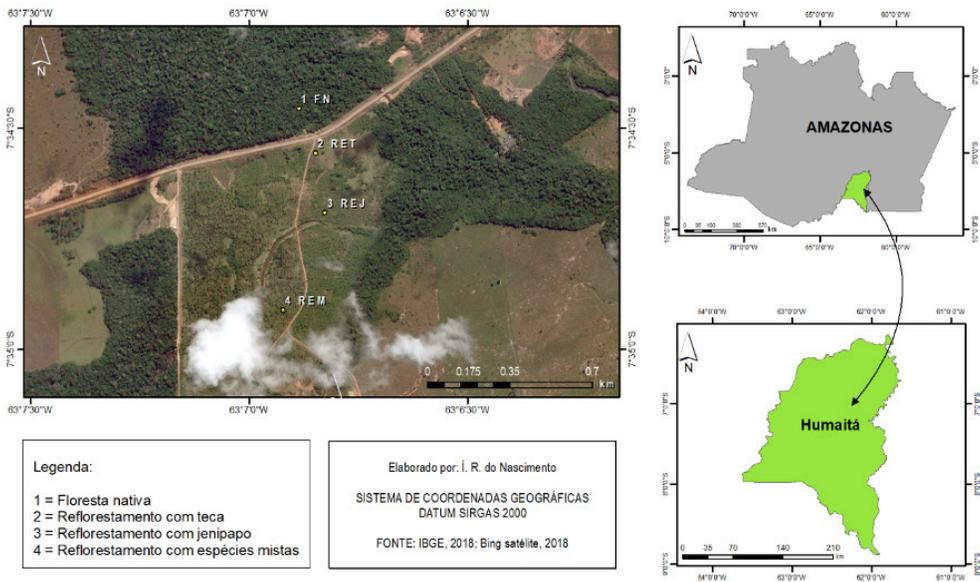


Figura 1. Localização das áreas de estudos.

O ambiente de floresta nativa (FN) está localizado nas coordenadas geográficas 07°34'27" S e 63°06'53" W, altitude de 57m, o ambiente de florestamento com Teca (*Tectona grandis* L.) está localizado nas coordenadas geográficas 07°34'33" S e 63°06'51" W, altitude de 58 m, o ambiente de reflorestamento com Jenipapo (*Genipa americana* L.) está localizado nas coordenadas geográficas 07°34'41" S e 63°06'49" W , altitude de 57 m, por fim o ambiente de reflorestamento considerado misto, composto pelas espécies Mogno (*Swietenia macrophylla* King.), Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), Jenipapo (*Genipa americana* L.),Teca (*Tectona grandis* L.) e Sumauma (*Ceiba pentandra*) está localizado nas coordenadas geográficas 07°34'54" S e 63°06'55" W, altitude de 58m

O clima da área de estudo é do tipo Am, tropical chuvoso (chuvas do tipo monção), segundo a classificação de Köppen, com temperatura média do ar variando entre de 25 e 27°C, umidade relativa entre 85% e 90% e precipitação anual média de 2.500 mm (ALVARES et al., 2014). A região apresenta um período chuvoso com mais de 70% do total das chuvas acumuladas durante o ano ocorrendo entre o trimestre janeiro-março e um período seco mais ou menos definido durante os meses de junho-setembro (DEBORTOLI et al., 2012).

## 2.2 Histórico das áreas de estudos

O ambiente de floresta nativa onde se realizou o presente estudo é considerada uma área intacta, com aproximadamente 50 km<sup>2</sup> de extensão de muita biodiversidade de espécies,

composta por floresta, cerrado e cerradão, preservada pelo Exército Brasileiro (EB), não havendo presença de atividades antropogênicas. Os ambientes de reflorestamento foram implantados no início do ano de 2000, substituindo uma área de pastagem, nessa área foi incorporado em média 1,5 toneladas de calcário por hectare, antes do plantio das espécies florestais. Passados aproximadamente três anos da implantação do reflorestamento, foi colocado esporadicamente o gado novamente para controlar a rebrota das gramíneas.

### 2.3 Produção de serapilheira ao longo de um ciclo anual

Para interceptação do material formador da serapilheira e posterior avaliação, foram instalados de modo aleatório dez coletores cônicos em cada área de estudo com aproximadamente um (1,0) hectare, obedecendo um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (Floresta, Teca, Jenipapo e Mista) e 10 repetições totalizando 40 parcelas no total. Cada coletor com área de 0,21 m<sup>2</sup> (perímetro igual a 1,62 m) construídos com tubo de 3/4", em material plástico de polietileno, com fundo de tela de nylon de 1 mm.

Os coletores foram instalados em 03 de março de 2018, sustentados por estacas a 0,3 m acima do solo para evitar contato com o solo e posteriormente perdas de serapilheira pela ação de microrganismos.

As coletas foram realizadas mensalmente no período de março de 2018 a fevereiro de 2019, conforme estabelecido em cronograma. Em campo, cada amostra de serapilheira foi colocada, separadamente, em sacos de papel do tipo kraft, em algumas situações com presença de chuva, foram substituídos por sacos plásticos devidamente identificados e levadas para laboratório de solos do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente (IEAA), onde foi realizado a triagem das frações folhas, galhos (<cm de diâmetro), material reprodutivo (flores, sementes e frutos) e miscelânea (fragmentos < 2 mm de diâmetro não identificáveis), posteriormente colocado em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C, por 48 horas (Figura 2).

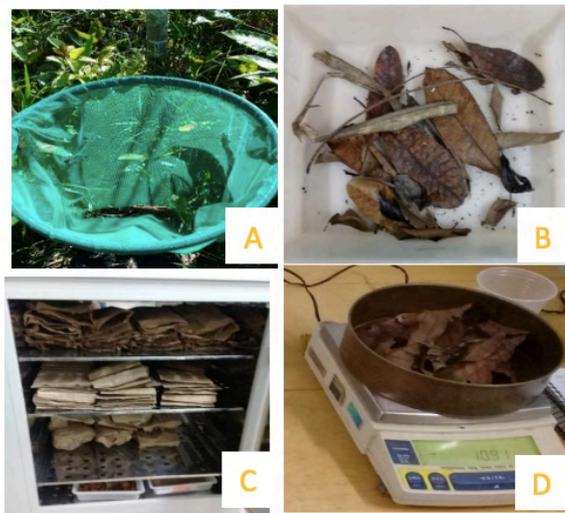


Figura 2. Coleta de serapilheira (A); Separação das frações B; Secagem C; Pesagem das frações D.

Fonte: O autor (2018).

O material foi pesado em balança de precisão para a avaliação da contribuição de cada fração e da serapilheira total e moído em moinho do tipo Wiley com malha <2 mm. A produção de serapilheira foi estimada segundo modelo adaptado de Lopes et al. (2002), de acordo com a equação (1):

$$PAS = (\sum PSMC10.000)/Ac \quad (1)$$

Em que: PAS é a produção anual de serapilheira ( $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ ), PSM é a produção mensal de serapilheira ( $Mg\ ha^{-1}\ mês^{-1}$ ), 10.000 = um hectare expresso em  $m^2$  e Ac= área do coletor ( $m^2$ ).

## 2.4 Determinação da Decomposição da Serapilheira

A estimativa da taxa de decomposição da serapilheira foi feita pela análise de perda de massa utilizando-se *litter bags* (sacolas). Foram distribuídos aleatoriamente 64 "*litter bags*" em cada área de estudo, totalizando 256, de forma a simular a queda natural do material formador da serapilheira. Os "*litter bags*" foram instalados próximos dos coletores cônicos, facilitando a localização dos mesmos, constituídos de sacos de polivinil com 4 mm de malha e dimensões de 25 x 25 cm e 1,5 cm de altura (Figura 3).

Em cada "*litter bag*" foram inseridos 10 gramas de material foliar, que predominou na composição da serapilheira, depositado no solo (remanescentes) e nos coletores cônicos após a primeira coleta e secagem por 24 horas.



Figura 3. Litter bags instalados em áreas de reflorestamento (A); limpeza do material (B); secagem C; pesagem do material contido nas sacolas D.

Fonte: O autor (2018)

As coletas foram realizadas em intervalos regulares de 07, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300 e 330 dias após sua instalação, iniciada em 07 de abril de 2018. Em cada coleta foram recolhidas quatro sacolas, perfazendo quatro repetições por área. Após coleta, o material contido em cada *litter bag* foi levado ao laboratório de solos do (IEAA). Já no laboratório todo o material foi limpo com pincel (para retirada de partículas de solo e de possíveis organismos presos às folhas) e, na sequência, o material foi colocado em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C, por 48 horas, posteriormente foi pesado em balança de precisão para obtenção da massa remanescente. O percentual de massa remanescente (%R) foi obtido pela relação entre a massa remanescente e massa inicial, de acordo com a equação (2), proposta por (GUO; SIMS, 1999).

$$\%R=(Pr/P_o)X100 \quad (2)$$

Onde, R é o percentual de massa remanescente;  $P_o$  é o peso seco inicial do folheto;  $P_r$  é o peso remanescente (ou peso final) do folheto, observada ao final de cada período de estudo.

Após o cálculo da massa remanescente ao longo do período, o material empregado para a determinação da constante de decomposição K foi determinado segundo modelo exponencial proposto por (OLSON, 1963), de acordo com a expressão (3):

$$Xt=X0.e^{-kt} \quad (3)$$

Em que:

$X_t$  = peso do material remanescente após t dias;

$X_0$  = peso do material seco originalmente colocado nos sacos no tempo zero;

K = constante de decomposição estimada pela equação.

Por meio desse modelo exponencial, foi determinado o valor da constante K para cada uma das áreas de estudo, que indica maior ou menor tempo de decomposição. O modelo exponencial, bem como as curvas que caracterizam a perda de peso (decomposição) da serapilheira foliar, foi confeccionado com o auxílio do programa SIGMAPLOT 14.0. O tempo de meia-vida ( $t_{1/2}$ ) desse material foi calculado através do logaritmo neperiano dividido pelo valor da taxa k, segundo Rezende et al. (1999), pela equação (4):

$$t_{1/2} = \ln(2)/k \quad (4)$$

Em que:

$t_{1/2}$  = Tempo de meia vida;

$\ln(2)$  = Logaritmo neperiano de base dois;

K = Constante de decomposição.

## 2.5 Quantificação da biomassa radicular na época seca e chuvosa do ano

Para avaliação da biomassa de raízes ( $\leq 2$  mm), foram realizadas coletas em dois períodos do ano: seco, correspondente a (junho de 2018) e chuvoso, correspondente a (janeiro de 2019). A amostragem foi uma adaptação ao método do monólito descrito por Bohm (1970), em que, para cada uma das áreas de estudo foram escavadas manualmente cinco trincheiras, com dimensão de 0,40 m de profundidade por 0,40 m de largura.

Procedeu-se à abertura das trincheiras, na qual adotou-se um distanciamento da base da planta de 0,80 m aproximadamente, coletando amostras com auxílio de um cilindro de aço de 10 cm de altura e 7 cm de diâmetro, nas profundidades de 0-5, 5-15 e 15-30 cm, constituindo assim três repetições por profundidade por área. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos, identificadas, e levadas ao laboratório de solo do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente de Humaitá.

Na separação das raízes do solo, as amostras foram submetidas a uma lavagem manual em água corrente até remoção total do solo, utilizado um conjunto de peneiras sobrepostas com malhas de 2mm, 1mm e 500 micrómetro respectivamente, após a lavagem das raízes efetivas ( $\leq 2$  mm), as mesmas foram levadas para estufa de circulação por 72 horas. Posterior à secagem, com auxílio de uma pinça, foram pesadas em balança analítica com 0,0001 g de precisão.

Para calcular DRS foi utilizada a expressão (5):

$$DRS = \frac{MS}{VM} \quad (5)$$

Onde:

DRS = densidade de raízes secas em  $\text{g dm}^{-3}$ ;

MS = massa seca da raiz em gramas após 72 horas;

VM = volume do monólito coletado em  $\text{dm}^3$ .



Figura 4. Abertura de trincheira (A); Lavagem das raízes (B); Separação (C); Secagem (D)

Fonte: O autor.

Para estimar a Biomassa de Raízes Finas  $\leq 2 \text{ mm}$  (BRF) de cada ambiente de estudo, em uma determinada área espacial e ao longo de determinado período de tempo foram calculadas a produção de raízes finas desprezando a densidade do solo pela expressão (6), segundo Vogt et al. (1998) [27] e utilizado por Mendes (2018) [19].

$$BRF = \frac{MS}{AC} \quad (6)$$

Onde:

BRF = Biomassa de raízes finas;

MS = massa seca da raiz em gramas (g) após 72 horas;

AC = área em metros quadrados ( $\text{m}^2$ ) do cilindro coletor.

## 2.6 Determinações do carbono orgânico do solo

As coletas de amostras de solo para posterior análise de carbono orgânico foram também realizadas na mesma época e períodos do ano da biomassa de raízes, no entanto se diferenciando no número de parcelas. Sendo delimitadas em cada área de estudo quatro parcelas, coletando amostras de solo com estrutura preservada em forma de torrão em três profundidades diferentes, 0-5, 5-15, 15-30 cm. Após o solo ter passado por processo de secagem a sombra e ser peneirado numa malha de 2 mm caracterizando uma Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), foram realizadas as análises químicas.

Para a determinação do pH em água foi utilizada a relação solo: água de 1:2,5, de solo, agitando por 1 minuto. Após deixando em repouso por 60 minutos, procedeu-se a leitura do pH, utilizando o instrumento de leitura (pHmetro).

O carbono orgânico do solo (COS) foi determinado pelo método de Walkley-Black, modificado por Yeomans; Bremner (1988) [30], conforme a expressão (7) segundo Teixeira et al. (2017) [25].

$$Corg = \frac{0,003 \times VD \times (40-VA) \times 40 + VB \times 10}{M} \quad (7)$$

Onde:

Corg = Concentração de carbono orgânico no solo em g kg<sup>-1</sup>.

VD = Volume total da solução de dicromato de potássio adicionado na digestão da amostra em ml.

VA = Volume da solução de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra, em ml.

VB = Volume da solução de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação do branco aquecido, em ml.

Valor 0,003 = Miliequivalente da massa de carbono (peso atômico/valência – 12/4, dividido por 1000).

Valor 10 = Transformação de % para g kg<sup>-1</sup>.

M = Massa da amostra de solo, em g.

## 2.7 Análises estatísticas dos dados

Os dados foram tabulados em planilhas em planilhas eletrônicas, posterior submetidos inicialmente a teste de normalidade das distribuições dos erros pelo teste de Shapiro-Wilk e teste de homogeneidade de Levene, atendendo os requisitos para à análise

de variância (ANOVA), para significância ( $p < 0,05$ ), como teste posteriori foi utilizado o teste Tukey 5% nas comparações das médias entre os respectivos ambientes. Para comparativo de médias entre os períodos de coleta aplicou-se o teste T de amostras pareadas, pelo uso do aplicativo computacional SPSS statistics 23.3.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Condições climáticas

Na (Figura 5), são apresentados os dados médios mensais de precipitação e temperatura do ar acumulada, no período estudado. Pôde-se constatar no período chuvoso (novembro a abril), sendo abril considerado mês de transição para período seco um volume de chuvas regulares e bem distribuídas, com média próximo de 400 mm para o mês de janeiro. Isto sustenta uma das características marcante, não só da região, mas na Amazônia como um todo, a regularidade de chuvas e altas temperaturas na maior parte do ano.

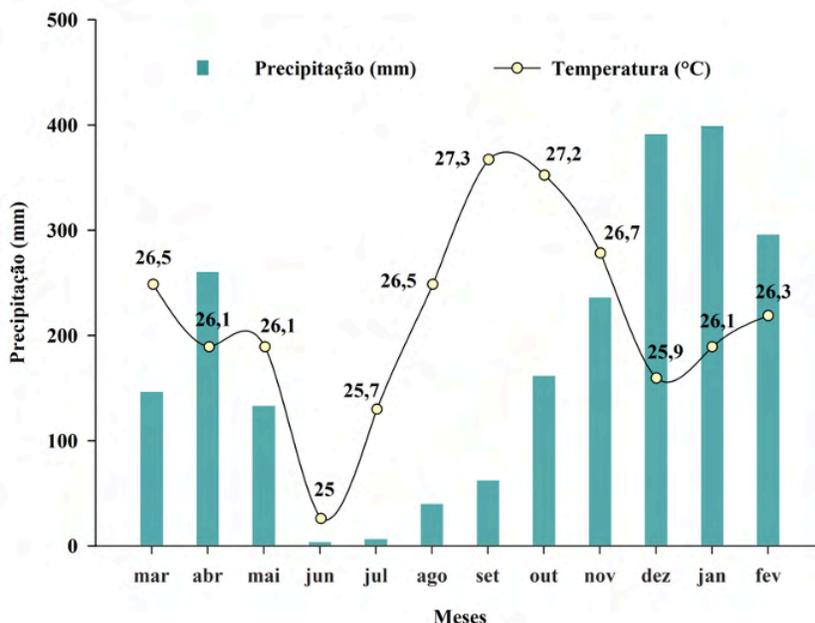


Figura 5. Temperaturas médias e precipitação acumulada no período de março de 2018 a fevereiro de 2019 no local de estudo.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, endereço eletrônico [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)

Observou-se no período seco (maio a setembro), que o maior déficit hídrico ocorreu em junho (Figura 5), com média de 3,6 mm, coincidindo com a menor média mensal de

temperatura, fato que pode ter correlação com as frentes frias vindo de outras regiões, produzindo um fenômeno muito comum na região (friagem). Outro resultado observado foi a precipitação no mês de abril com média de 260 mm, considerado atípico para mês de transição.

### 3.2 Produção de serapilheira

A quantidade total de serapilheira produzida durante o período de março de 2018 a fevereiro de 2019, nos diferentes ambientes de estudo não apresentou diferença significativa entre os ambientes em estudo, apresentando ( $p > 0,05$ ), porém, houve diferenças para alguns meses do ano, conforme (Tabela 1). A maior média no mês para o ambiente de floresta nativa (FN) foi de 1,444 Mg ha<sup>-1</sup> **mês**<sup>-1</sup> referente ao mês de julho, entre os ambientes de reflorestamento a maior média foi de 3,205 Mg ha<sup>-1</sup> **mês**<sup>-1</sup>, para o reflorestamento com jenipapo (REJ), correspondente ao mês de março.

Meses	Áreas de estudo Mg ha <sup>-1</sup>			
	RET	REJ	REM	FN
Março	0,164 bB	3,205 aA	0,357 bB	1,080 aAB
Abril	0,445 aB	0,345 aB	0,471 aB	0,406 aAB
Mai	1,455 aA	0,176 cB	0,557 bB	0,686 bAB
Junho	1,713 aA	0,472 cB	1,123 bAB	0,665 bcAB
Julho	0,361 bcB	0,190 cB	0,860 bAB	1,444 aA
Agosto	0,564 bB	0,324 bB	0,121 bB	1,346 aA
Setembro	0,599 bB	0,164 bB	0,587 aB	0,638 aAB
Outubro	0,462 aB	0,031 aB	0,401 aB	0,100 aB
Novembro	0,331 aB	0,261 aB	0,369 aB	0,502 aAB
Dezembro	0,215 aB	0,717 aAB	1,844 aA	0,307 aAB
Janeiro	0,276 bB	1,062 aAB	0,775 abAB	0,318 bAB
Fevereiro	0,395 aB	0,365 aB	0,634 aB	0,539 aAB
Totais	5,523 a	6,998 a	7,744 a	8,037 a
CV %	23	107	38	37

Médias de dez repetições. Valores com a mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância; RET= reflorestamento com teca; REJ= reflorestamento com jenipapo; REM= reflorestamento com espécies mistas; FN= floresta nativa.

Tabela 1. Valores médios mensais e coeficiente de variação do aporte total de serapilheira nas diferentes áreas de estudo, Humaitá-AM.

A média anual de serapilheira observada foi de 8,03 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para a área de floresta nativa (FN), seguida de reflorestamento com espécies mistas (REM) com 7,74 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, reflorestamento com Jenipapo (REJ) 6,99 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e reflorestamento com Teca (RET) 5,52 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Valores aproximados de produção de serapilheira anual de  $8,59 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , foi encontrado por Almeida et al. (2015), ao estudar vegetação de floresta Amazônica semidecídua, composta por espécies características de floresta de transição Amazônia-Cerrado, contribuindo assim na validação dos resultados encontrados deste trabalho.

Uma possível explicação para as maiores médias de produção de serapilheira em ambientes de FN, pode estar associada a grande diversidade de espécies, bem como aos comportamentos fisiológicos, morfológicos e sazonais distintos e maior adensamento entre plantas por  $\text{m}^2$ . Ourique et al. (2016), analisando a produção de serapilheira e incremento diamétrico em uma floresta de terra firme na Amazônia central, explica que a serapilheira estabelece uma relação linear entre a sua deposição e o fechamento do dossel, refletindo na estrutura da floresta e na diversidade de espécies.

Por sua vez os ambientes manejados com reflorestamento apresentaram menores valores de aporte de serapilheira no ano, fato que pode ser explicado pelo espaçamento adotado em média (4x3), maior que na área de floresta nativa. Segundo Villa et al. (2016), o aporte de serapilheira anual varia em resposta a diferentes espaçamentos, menores espaçamentos, apresentam maior fechamento de copa, conseqüentemente maior desrama natural implicando em maiores valores de produção de serapilheira.

Observando o padrão de deposição das frações da serapilheira, conforme (Figura 6), verificou-se que os maiores valores de aporte da fração foliar ocorreram no mês de julho para a área de FN, com média em torno de  $1,11 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ . Nos ambientes manejados a maior média foi observada no mês de junho para RET, com médias em torno de  $1,70 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ .

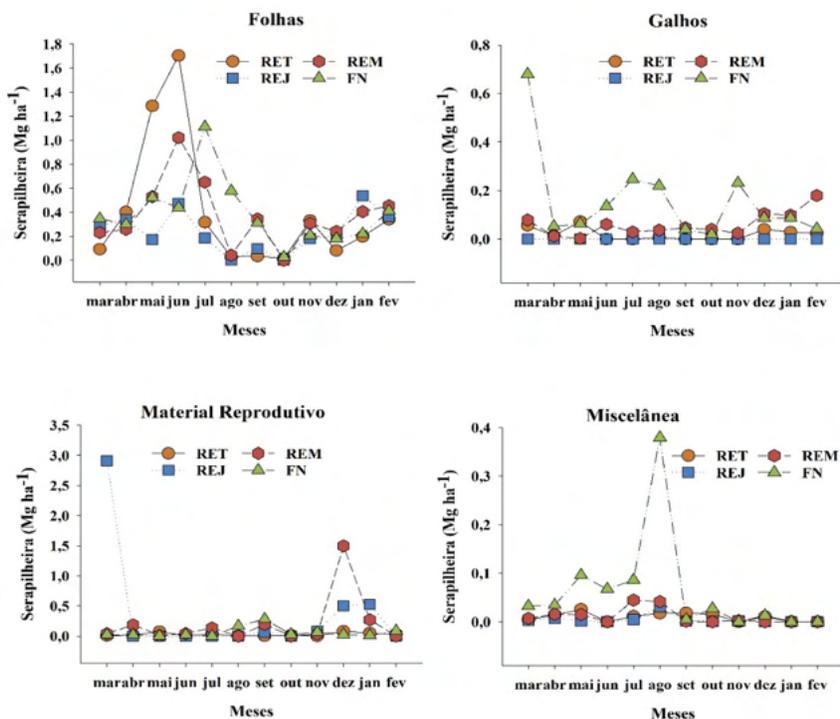


Figura 6. Aporte da fração de serapilheira no período entre (março 2018 a fevereiro de 2019), nas diferentes áreas de estudo.

Esse fato tem relação com o período de maior déficit hídrico (Figura 2), acarretando a perda total das folhas, pois trata-se de plantio homogêneo de espécie totalmente caducifolia. As plantas quando perdem totalmente as folhas ou parcialmente, evitam a perda de água por transpiração, resultando em considerável aumento na produção de serapilheira (SILVA et al., 2016). Outra hipótese para o aumento da produção de serapilheira foliar no período seco é a obtenção da máxima eficiência fotossintética durante essa época, ocorre a máxima radiação solar, com a renovação das folhas neste período (KIM et al. 2012).

A fração galho se destacou no período chuvoso, obtendo a maior média de  $0,68 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  no mês de março para FN, esse fato pode ser explicado por se tratar de uma área de mata fechada, com grande diversidade de espécies florestais e as chuvas e ventos fortes derrubam árvores e galhos. O ressecamento e morte dos galhos finos também podem favorecer para a queda dos mesmos com o início das chuvas (ALMEIDA et al., 2015). Entre os ambientes de reflorestamento a maior média foi de  $0,18 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  no mês de fevereiro para RM.

O período de menor déficit hídrico, caracterizado como período chuvoso, obteve uma maior produção de material reprodutivo, com valores na ordem  $2,92 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  em março para REJ e  $1,49 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  em dezembro para REM. Esses resultados

evidenciam que nessas áreas há uma grande predominância de espécies frutíferas, coincidindo a época de maturação dos frutos com período de maior abundância de chuvas.

Esse comportamento pode estar ligado à adaptação de muitas espécies à sazonalidade climática local, de acordo com Pires et al. (2016) a precipitação pluviométrica pode exercer forte influência nos processos fenológicos de espécies arbóreas em florestas tropicais. Já a maior produção de material reprodutivo em ambiente de FN ocorreu no mês de setembro com média de  $0,28 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ .

Analisou-se ainda o comportamento da fração miscelânea que apresentou maior produção no mês de agosto, referente ao período seco com  $0,38 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  para o ambiente de FN, isso caracteriza a grande diversidade de espécies tanto da fauna como da flora, ficando mais evidenciado na época de transição do período seco para o chuvoso. Entre os reflorestamentos destacou-se o REM com  $0,04 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  em julho.

A fração folha apresentou o maior percentual de serapilheira produzida no ano, entre os quatros ambientes estudados, correspondendo com 72% do total produzido no ano para a área de RET, conforme a (Figura 7). O alto percentual de produção na fração foliar para o ambiente de reflorestamento com teca se dá em função do tamanho de suas folhas, contribuindo para maior representatividade na fração foliar.

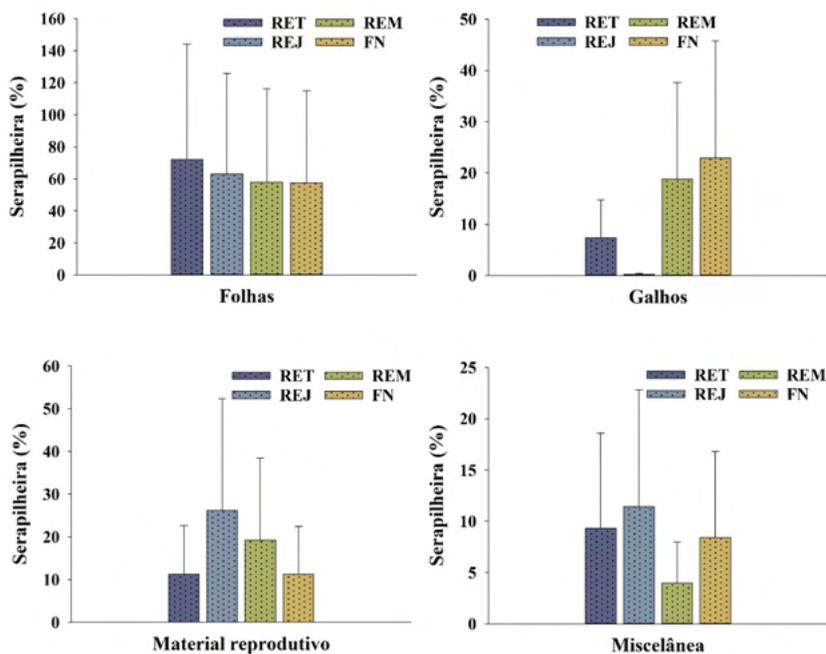


Figura 7. Percentual da fração de serapilheira no período entre março 2018 a fevereiro de 2019, nas diferentes áreas de estudo.

Valores próximos na ordem de 75% foram encontrados por Villa et al. (2016) em área de restauração florestal em diferentes espaçamentos de plantio, corroborando com os resultados encontrados nesse trabalho. Na área de FN, os resultados encontrados para fração folha foram em torno de 57,5%, próximo do valor obtido por Almeida et al. (2015), em torno de 62 %, estudando a produção de serapilheira em ecossistemas florestais do norte do Mato Grosso. Estudos voltados para serapilheira na Amazônia central, comprovam que as produções de folhas variam entre 60% a 75% do total, ficando as outras frações com 40% a 25% do peso seco da serapilheira (OURIQUE, 2016).

### 3.3 Decomposição da serapilheira

O processo de decomposição da fração folha da serapilheira foi avaliado durante 330 dias, obtendo um percentual total de remanescente no final do estudo de 31,30% para o ambiente de FN, 43,15% para o ambiente de RET, 16,28% para REJ e 19,13% para REM, conforme a (Tabela 2).

Dias	Áreas %			
	RET	REJ	REM	FN
0	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
7	98,25 aA	82,55 aABC	94,05 aA	91,03 aA
15	95,38 aA	87,25 bA	87,13 bA	91,63 abA
30	95,53 aA	81,40 bABC	90,75 abA	90,38 abAB
45	89,78 aAB	69,75 bABCD	91,43 aA	87,85 aAB
60	93,40 aAB	84,60 aAB	84,90 aA	82,80 aAB
75	92,50 aAB	70,53 bABCD	91,45 aA	84,93 abAB
90	94,18 aAB	64,70 cABCD	78,60 bcAB	79,60 bAB
120	91,40 aAB	70,70 bABCD	82,03 abAB	74,25 abABC
150	83,88 aABC	58,20 bCD	88,68 aA	78,78 aABC
180	94,28 aAB	60,30 cBCD	78,65 bAB	70,95 bcBC
210	91,55 aAB	58,20 bCD	69,85 bAB	73,00 abaBC
240	70,50 aBCD	64,78 aABCD	76,13 aAB	59,18 aCD
270	64,91 aCDE	51,03 abD	71,10 aAB	44,60 bDE
300	54,33 aDE	45,28 aD	55,70 aB	43,90 aDE
330	43,15 aE	16,28 aE	19,13 aC	31,30 aE

Em que: Dias= número de dias após a instalação dos *litter bags*; médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Tabela 2. Percentual remanescente da fração foliar da serapilheira nas coberturas florestais de estudo, Humaitá-AM.

Os primeiros 90 dias a decomposição do material foliar ocorreu de forma lenta no comparativo entre os ambientes, com exceção do REJ que já apresentava 35,30% de

perda de massa em relação ao peso inicial, essa rápida decomposição da serapilheira ocorre primeiramente no material lábil, posteriormente em processo mais lento decorrente de material mais resistente (MOMOLLI et al., 2018). Os maiores picos de decomposição, consequentemente maiores percentuais de perda de massa, ocorreram aos 240 dias, com perdas de 21,05% para RET. Para REJ e REM o maior pico ocorreu aos 330 dias, com perda de 29% e 36% respectivamente. Já para FN, as maiores perdas ocorreram aos 270 dias, com percentual de perdas de 14,58%. Todos coincidindo com o período chuvoso para a região (Figura 2). Segundo Terror et al (2011), a decomposição da serapilheira é favorecida pelo aumento da umidade do solo na maioria dos ecossistemas sazonais da região tropical.

Na (Figura 8), são apresentadas as curvas de regressão, ajustando-se adequadamente e evidenciando um padrão de perda de massa diferenciado nas diferentes formações florestais. As figuras foram confeccionadas com base em modelo matemático exponencial, apresentando índice de regressão entre 0,66 a 0,89.

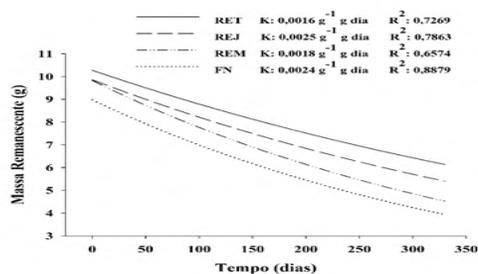


Figura 8. Curvas de decomposição da serapilheira nas diferentes áreas de estudo.

O maior valor da constante de decomposição (k: 0,0025) obtido na área de REJ, pode ser atribuída às características do material de serapilheira, as folhas do jenipapo aparentavam ser mais tenras, menos lignificada, podendo facilitar a ação dos organismos decompositores, somado a isso o relevo da área com declive acentuado, favorecendo maior acúmulo de umidade no solo. De acordo com Martins (2010) o processo de

decomposição da serapilheira decresce conforme aumenta a altitude, sendo as maiores taxas de decomposição encontradas nas áreas entre 0 e 100 metros.

Se contrapondo ao valor de (k) encontrado em REJ, o menor valor de (k: 0,0016), foi obtido na área de RET, onde o material foliar aparentava ser mais lignificado. Altas concentrações de lignina e tanino representam uma das causas do decréscimo da taxa de decomposição da serapilheira (LIMA et al., 2015).

No ambiente de floresta nativa o valor de (k) se aproximou ao do ambiente REJ, podendo ser explicado em razão da baixa fertilidade no geral dos solos de Florestas tropicais e da grande diversidade de organismos decompositores, importantes na reciclagem dos nutrientes para a floresta, funcionando como catalisadores na decomposição da matéria orgânica presente.

Segundo Olson (1963), os valores de (k) maiores que 1, geralmente são encontrados em florestas tropicais, valores maiores do que esta unidade pressupõem um retorno dos nutrientes ao solo em um ano ou menos, enquanto valores menores do que 1 indicam um retorno superior a um ano, podendo durar até mesmo décadas. Se tratando da Amazônia, os valores de (k) podem variar muito, em função das condições edáficas ou climáticas, podendo encontrar valores desde muito baixo, até muito elevado (CABIANCHI, 2010).

Valores de coeficiente (k) observados em outras formações florestais brasileiras corroboram com os resultados encontrados neste estudo. Silva et al. (2014), avaliando a decomposição de serapilheira foliar em três sistemas florestais no Sudoeste da Bahia, encontraram valores de (k) para a serapilheira do povoamento de jaqueira (0,0033 g·g<sup>-1</sup>·dia), seguido da floresta nativa (0,0023 g·g<sup>-1</sup>·dia) e do plantio de espécies nativas (0,0019 g·g<sup>-1</sup>·dia) e tempo de meia vida na ordem de 301,37 dias, 364,81 dias, e 210,04 dias.

O tempo estimado para decompor 50 % do total do material formador da serapilheira (t<sub>1/2</sub> dias), com valores de 277,26 dias; 288,81 dias; 385,08 dias e 433,20 dias, respectivamente se mostraram significativos, conforme apresentados na (Tabela 3).

Parâmetros	Áreas de estudo			
	RET	REJ	REM	FN
P <sub>0</sub> (g)	10,00	10,00	10,00	10,00
r <sup>2</sup>	0,726*	0,786*	0,657*	0,887*
EPE	0,39	0,42	0,51	0,30
k (g g <sup>-1</sup> ·dia)	0,0016	0,0025	0,0018	0,0024
t <sub>1/2</sub> (dias)	433,20	277,26	385,08	288,81

P<sub>0</sub> = massa inicial; k = constante da decomposição; r<sup>2</sup> = coeficiente de determinação do ajuste para a estimativa do k; EPE = Erro padrão da estimativa de k; t<sub>1/2</sub> = tempo de meia-vida do folheto; \*p < 0,0001.

Tabela 3. Valores de constante de decomposição (k) e tempo de meia vida (t<sub>1/2</sub>) da serapilheira nos diferentes ambientes de estudo.

Resultados semelhantes de (k), observados neste estudo, foram encontrados por Grugiki et al (2017), estudando a decomposição e atividade microbiana da serapilheira em coberturas florestais no Sul do Espírito Santo, com resultados de (k) para seringueira (*Hevea brasiliensis*) de 0,0013, (*Acacia mangium*) de 0,0016, floresta secundária de 0,0017 e saboneteira (*Sapindus saponaria*) de 0,0024 e tempo de meia vida estimado em 394,36 dias, 292,75 dias, 497,64, dias e 529,06 dias respectivamente.

### 3.4 Quantificações da biomassa de raízes finas

Os resultados obtidos correspondentes ao período seco (junho), na profundidade de 0-5 cm, não foram significativos a nível de significância de 5%, apresentado valores de (3131,15 kg ha<sup>-1</sup>) para FN; (2780,46 kg ha<sup>-1</sup>) para REJ; (1450,37 kg ha<sup>-1</sup>) para REM e valores de (941,10 kg ha<sup>-1</sup>) para RET, conforme (Tabela 4).

Áreas de estudo	Biomassa (kg ha <sup>-1</sup> )	CV (%)	Biomassa (kg ha <sup>-1</sup> )	CV (%)
	(Junho)		(Janeiro)	
<b>0-5 cm</b>				
RET	941,00 aA	30,65	1747,90 aA	28,38
REJ	2780,46 aA	96,99	1913,31 aA	56,57
REM	1450,37 aA	50,99	2583,44 aA	82,98
FN	3131,15 aA	70,31	3791,47 aA	38,78
<b>5-15 cm</b>				
RET	539,77 bB	42,08	529,92 bB	59,35
REJ	646,24 bB	6,90	645,47 bB	25,02
REM	580,75 bB	75,86	542,92 bB	51,15
FN	1442,56 aA	35,45	2058,69 aA	24,78
<b>15-30 cm</b>				
RET	182,41 bB	56,30	264,43 bB	65,99
REJ	437,15 bB	18,22	318,91 bB	67,98
REM	533,77 bB	72,61	452,75 bB	64,03
FN	1240,69 aA	42,62	2341,34 aA	53,29

Médias de cinco repetições. Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5 % e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de T de amostras pareadas; RET = reflorestamento com teca; REJ = reflorestamento com jenipapo; REM = reflorestamento com espécies mistas; FN = floresta nativa.

Tabela 4. Biomassa de raízes finas nos diferentes ambientes de estudo, Humaitá-AM.

Na profundidade de 5-15 cm, ainda para o mês de junho o ambiente de FN apresentou significância para os demais ambientes, com valor médio de (1442,56 kg ha<sup>-1</sup>) e coeficiente de variação em torno de 35,45% sustentando a precisão dos dados. Já na profundidade de 15-30 cm a produção de biomassa de raízes finas se mostrou semelhante

à profundidade anterior, com destaque novamente para o ambiente de FN, apresentando significância para os demais ambientes, com valor médio de (1240,69 kg ha<sup>-1</sup>). Os maiores resultados apresentados em ambientes de floresta nativa podem ter correlação com maiores diversidades de plantas, bem como o nível de compactação do solo favorecendo o crescimento das raízes.

Os resultados correspondentes a coleta do mês de janeiro, apresentaram comportamento parecido com o mês de junho, com maior produção de biomassa na profundidade 0-5 cm, com destaque para o ambiente de FN, diferenciando-se significativamente para os demais ambientes na camada de 5-15 com média de (2058,69 kg ha<sup>-1</sup>) e de (2341,34 kg ha<sup>-1</sup>) na camada de 15-30 cm, no mesmo mês de coleta. De acordo com Witschoreck et al. (2003) [28], 72 % da biomassa radicular está concentrada nos primeiros 30 cm de solo, inferindo que as raízes com diâmetro até 2,0 mm de espessura são as principais responsáveis pelos processos de absorção de água e nutrientes.

No comparativo entre período seco e chuvoso, não houve diferenças significativas para as diferentes profundidades de coleta e diferentes ambientes de estudo, apresentando um leve aumento na produção de biomassa no período chuvoso, conforme mostra (Tabela 4).

Resultados de 2345,87 kg ha<sup>-1</sup> e 3369,73 kg ha<sup>-1</sup>, em estudo de povoamento de (*Pinus taeda* L.), foram observados por Lopes (2009), e de 3.555,2 kg ha<sup>-1</sup>, em povoamento de (*Acacia mearnsii* De Wild), por Ceconi (2008), esses valores se assemelham aos valores encontrados nesse estudo.

Os maiores valores de biomassa radicular somando todas as profundidades por períodos, ocorreram na época chuvosa, com exceção de REJ, conforme mostra (Figura 9). Esses resultados foram observados também por Metcalfe et al. (2008), em uma floresta tropical amazônica.

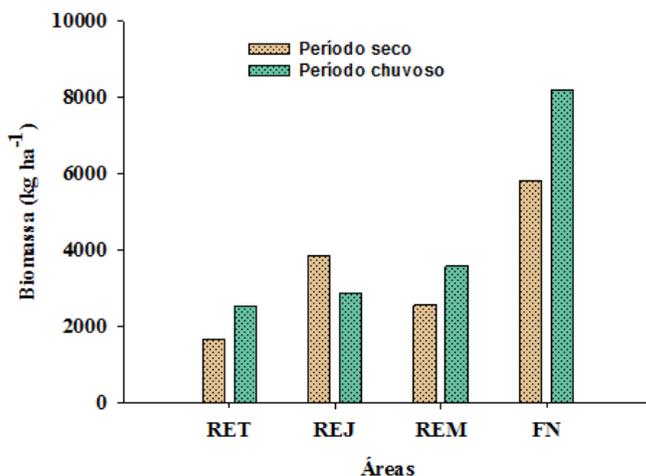


Figura 9. Biomassa de raízes nas diferentes áreas e período de coleta.

O ambiente de FN contribuiu com maior produção de biomassa, tanto no período seco como chuvoso. Isso pode ser explicado em função da quantidade de espécies por m<sup>2</sup>, outra explicação pode ser em decorrência da quantidade de material orgânico via serapilheira depositada na superfície do solo das florestas nativas, sendo essa a principal fonte de nutrientes. O acúmulo de nutrientes em determinado local no solo pode proporcionar maiores crescimentos e volumes de raízes, devido à maior disponibilidade de nutrientes [9]. Segundo Finér et al. (2011), a biomassa de raízes diminui de forma exponencial das camadas superiores às camadas inferiores do solo em diferentes biomas florestais, alternando seu comportamento apenas na profundidade total de enraizamento.

No que diz respeito a densidade de raízes finas, foi constatado que os menores valores foram comprovados em ambientes de reflorestamento, tanto para período seco como chuvoso, conforme (Tabela 5), mostrando-se significativo a ( $p < 0,05$ ) na profundidade de 5-15 e 15-30 cm para o ambiente de FN no período seco, com média de (3,1198 g-dm<sup>-3</sup>) e (2,6832 g-dm<sup>-3</sup>), respectivamente.

Áreas de estudo	Densidade (g/dm <sup>-3</sup> )	CV (%)	Densidade (g/dm <sup>-3</sup> )	CV (%)
	Junho (Per. Seco)		Janeiro (Per. Chuvoso)	
	<b>0-5 cm</b>			
<b>RET</b>	2,0350 aA	30,54	3,7801 aA	28,30
<b>REJ</b>	6,0132 aA	97,00	4,1378 aA	56,65
<b>REM</b>	3,1366 aA	50,79	5,5871 aA	82,97

<b>FN</b>	6,7723 aA	70,31	8,1997 aA	38,82
<b>5-15 cm</b>				
<b>RET</b>	1,1673 bB	42,24	1,1460 bB	59,64
<b>REJ</b>	1,3976 bB	6,47	1,3959 bB	24,46
<b>REM</b>	1,2559 bB	76,00	1,1741 bB	51,28
<b>FN</b>	3,1198 aA	35,36	4,4522 aA	24,71
<b>15-30 cm</b>				
<b>RET</b>	0,3944 bB	56,41	0,5718 bB	64,91
<b>REJ</b>	0,9454 bB	18,08	0,6897 bB	67,64
<b>REM</b>	1,1543 bB	72,17	0,9791 bB	63,91
<b>FN</b>	2,6832 aB	42,53	5,0635 aA	53,16

Médias de cinco repetições. Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5 % e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de T de amostras pareadas; RET = reflorestamento com teca; REJ = reflorestamento com jenipapo; REM = silvipastoril com espécies mistas; FN = floresta nativa.

Tabela 5. Densidade de raízes nos diferentes ambientes de estudo, Humaitá –AM.

A densidade de raízes finas apresenta um comportamento muito semelhante ao da biomassa, alterando de acordo com a profundidade do solo, esse comportamento pode ser explicado em função da alta concentração de serapilheira no chão da floresta, favorecendo uma maior retenção de água, disponibilidade de oxigênio e nutrientes, decorrente da decomposição. Outra provável explicação seria em função da compactação do solo, pois as primeiras camadas exercem uma pressão sobre as camadas inferiores, dificultando a distribuição das raízes.

No presente estudo observou-se que quanto mais aumenta a profundidade do solo, diminui a quantidade de raízes finas, conforme mostra a (Figura 10). Comportamento semelhante foi constatado em estudo de raízes finas em árvores jovens de (*Eucalyptus dunnii* Maiden) por Dick e Schumacher (2019), corroborando com resultados apresentado nesse estudo.

A densidade de raízes finas pode ser um fator relacionado com a característica do genótipo das plantas, como também, está relacionada com comportamento nutricional, potencial produtivo e capacidade de adaptação as condições de estresse ambiental (MARTINS, 2004). Ficou comprovado a campo que a dinâmica no comportamento nutricional e produtivo das espécies nativas ocorriam de forma mais intenso em um nível de equilíbrio, muito provável em função da não ocorrência de ações antrópicas.

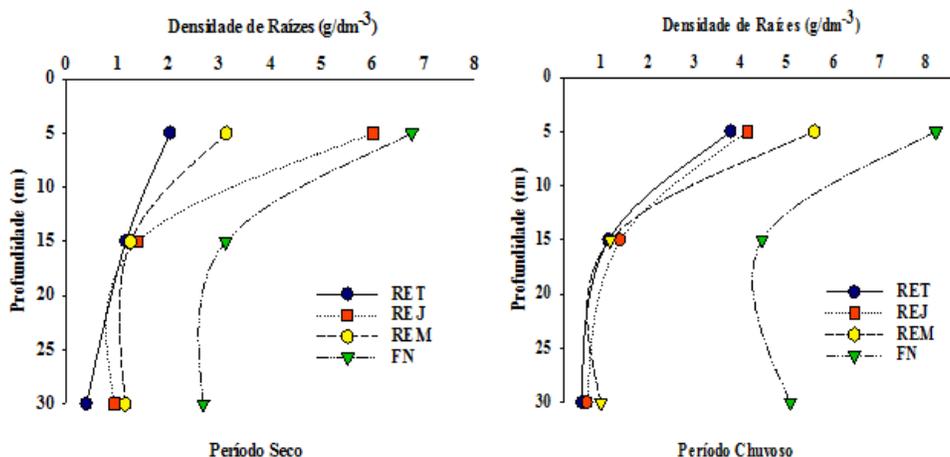


Figura 10. Densidade de raízes finas nas diferentes áreas e profundidades.

O percentual do total de biomassa produzida em cada profundidade e período de coleta nas diferentes áreas de estudo pode ser verificado na (Tabela 3). No período seco o maior percentual encontrado de biomassa de raízes finas para áreas de reflorestamento foi de 71,96% para REJ, na camada de 0-5 cm, já o percentual em ambiente de FN foi de 53,85% também na camada de 0-5 cm. Para a coleta realizada em janeiro (período chuvoso), os maiores percentuais de biomassa de raízes finas entre os ambientes de reflorestamento foram de 72,18% para REM na camada de 0-5 cm. No ambiente de FN foi de 46,29%.

O padrão no percentual de biomassa de raízes no ambiente de floresta nativa ocorreu de certa forma menos discrepante entre as camadas, no entanto as áreas de reflorestamento tiveram os maiores percentuais de biomassa na camada de 0-5 cm no comparativo com a área de floresta nativa, tanto para o período seco como chuvoso.

Profundidade (cm)	Percentual (%) de raízes ( $\leq 2$ mm) Período seco			
	RET	REJ	REM	FN
0-5	56,58	71,96	56,55	53,85
5-15	32,45	16,73	22,64	24,81
15-30	10,97	11,31	20,81	21,34
<b>Total</b>	1663,18	3863,85	2564,89	5814,40
Profundidade (cm)	Percentual (%) de raízes ( $\leq 2$ mm) Período chuvoso			
	RET	REJ	REM	FN

<b>0-5</b>	68,76	66,49	72,18	46,29
<b>5-15</b>	20,84	22,43	15,17	25,13
<b>15-30</b>	10,40	11,08	12,65	28,58
<b>Total</b>	2542,25	2877,69	3579,11	8191,50

Tabela 6. Percentual de biomassa nas diferentes profundidades e mês de coleta, Humaitá-AM.

Uma explicação para os menores percentuais nas camadas mais profundas em ambientes de reflorestamento pode ter relação com o histórico desses ambientes, inferindo-se parte desses resultados a distúrbios sofridos por pisoteio de animais que constantemente pastavam nessas áreas, dificultando a distribuição das raízes nas camadas mais profundas, outra explicação pode ter correlação com a idade ( $\leq 20$  anos) e características de espécies plantadas (homogêneo).

Resultados semelhantes encontrados em plantio de (*Eucalyptus cloeziana* F. Muell), com quase 50% da biomassa nos primeiros 5 centímetros (NAVROSKI et al., 2010), corroboram para os resultados descritos nesse estudo. A maior concentração de biomassa de raízes finas em estudo com (*Araucaria angustifolia*) foram encontrados nos primeiros 20 cm de profundidades do solo, perfazendo um total de 53,4% da biomassa total.

### 3.5 Carbonos orgânico do solo

Os resultados das análises evidenciaram que as concentrações de carbono orgânico (Corg) no período seco, não se diferenciaram estatisticamente a nível de significância de 5%, entre às camadas de 0-5 e 5-15 cm nos diferentes ambientes, conforme mostra a (Figura 11). Já na profundidade de 15-30 cm para o mesmo período, o ambiente de REJ apresentou diferença significativa para os demais ambientes com valor de (3,22 g kg<sup>-1</sup>), essa foi a menor concentração no período seco.

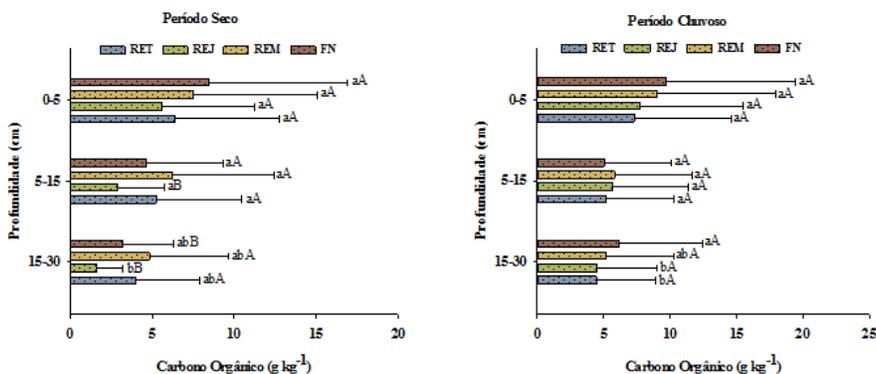


Figura 11. Concentração de (Corg) nas diferentes áreas, profundidades e período. Valores seguidos da mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey a 5 % e maiúscula, não diferem pelo teste de T de amostras pareadas.

Os teores de carbono orgânico têm sido utilizados como indicadores de alterações do solo, sendo menor em condições de perturbação do meio (MENDES, 2018). Esse fato vem sustentar as observações comprovada nesse estudo, onde as áreas de REJ, RET e REM sofriam perturbações decorrente de outra atividade econômica (pecuária), podendo ter influenciado os resultados nas profundidades de 15-30 cm, mostrando-se significativo ( $p < 0,05$ ).

Resultados encontrados por Gatto et al. (2010), na ordem de  $22,44 \text{ g kg}^{-1}$ , em plantações de Eucalipto se assemelham aos valores obtidos nesse estudo. As maiores concentrações de carbono orgânico encontrados nas camadas superficiais são explicadas devido à superfície do solo sofrer maior interferência da matéria orgânica proveniente da queda de folhas e galhos, promovendo processos mais intensos na ciclagem de nutrientes (VITAL et al., 2004).

Os resultados das análises na época considerada chuvosa (Janeiro), mostrou que houve diferenças significativas no comparativo entre as áreas de floresta nativa e reflorestamento para profundidade de 15-30 cm, com valores de  $12,41 \text{ g kg}^{-1}$  para (FN),  $8,97 \text{ g kg}^{-1}$  para (REJ) e  $8,88 \text{ g kg}^{-1}$  para (RET), conforme mostra (Figura 11). Isso pode ter correlação com as características morfológicas das espécies de plantio homogêneo, bem como influência das variáveis climáticas como altas temperatura e alto volume de chuvas nessa época do ano na região (Figura 5).

No Comparativo entre os períodos (seco e chuvoso), constatou-se que houve diferenças significativas somente na profundidade de 5-15 cm para o ambiente REJ e na profundidade de 15-30 cm para FN, com maiores concentrações no período chuvoso. Este fato pode estar associado à maior atividade microbiana, acelerando o processo de decomposição dos compostos orgânicos, tornando assimiláveis ao sistema solo-planta.

Os valores de pH do solo encontrados nas diferentes áreas de estudo e profundidades, indicam que são considerados solos ácidos, apresentando diferença significativa a nível de 5% para o Ambiente de FN em todas as profundidades no período chuvoso, conforme (Tabela 4).

Áreas de estudo	pH (H <sub>2</sub> O)	
	Junho	Janeiro
<b>0- 5 cm</b>		
<b>RET</b>	4,67 aA	4,82 aA
<b>REJ</b>	4,67 aA	4,89 aA
<b>REM</b>	4,75 aA	4,99 aA
<b>FN</b>	4,22 bA	4,01 bA
<b>5-15 cm</b>		
<b>RET</b>	4,64 aA	4,75 aA

<b>REJ</b>	4,49 aAB	4,79 aA
<b>REM</b>	4,63 aA	4,61 aA
<b>FN</b>	4,38 aA	4,02 bA
<b>15-30 cm</b>		
<b>RET</b>	4,66 aA	4,62 aA
<b>REJ</b>	4,39 abA	4,91 aA
<b>REM</b>	4,52 abA	4,55 abA
<b>FN</b>	4,21 bA	4,20 bA

Médias de quatro repetições. Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5 % e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de T de amostras pareadas; RET = reflorestamento com teca; REJ = reflorestamento com jenipapo; REM = silvipastoril com espécies mistas; FN = floresta nativa.

Tabela 7. Valor do pH do solo nos diferentes ambientes e profundidade, Humaitá-AM.

Os solos de floresta nativa apresentaram ser mais ácidos talvez devido ao processo de degradação da matéria orgânica e da sua rápida mineralização, acarretando uma maior acidificação natural do solo nestes ambientes. A eficiência dos compostos orgânicos aumenta a disponibilidade de nutrientes no solo, presume-se que muitos desses ácidos são degradados em poucos dias após a liberação dos resíduos vegetais (COSTA et al., 2013).

Valores aproximados de pH em áreas de floresta com 4,30 e pastagem com 4,40 foram encontrados por Oliveira et al. (2015), corroborando com os valores encontrados nesse estudo. Os maiores valores de pH encontrados nas áreas de reflorestamento podem ter correlação com as práticas de manejo e preparo de solo, o pH do solo pode ter contribuído para maiores percentuais de raízes finas nas primeiras camadas do solo, conforme discutido nesse estudo.

## 4 | CONCLUSÕES

A produção média anual de serapilheira no ambiente de floresta nativa foi estatisticamente igual ao observado no ambiente de reflorestamento, contrariando a hipótese prevista nesse estudo. O maior estoque mensal de serapilheira total na (FN) e (RET) ocorreram no período seco, enquanto que os maiores estoques mensais para o (REJ) e (REM) ocorreram no período chuvoso. Entre as frações da serapilheira a que mais contribuiu foi a foliar, atingindo o maior percentual (72,1%) para a área de (RET).

A decomposição da serapilheira ocorreu de forma mais acelerada (0,0025 g g<sup>-1</sup>dia) para a área de reflorestamento com jenipapo (REJ), sendo necessários 277,26 dias para que fosse decomposta metade do material foliar, próximo dos valores de decomposição do ambiente de floresta nativa (FN), com (0,0024 g g<sup>-1</sup>dia), sendo necessários 288,81 dias para decompor metade do material foliar. Já a decomposição mais lenta (0,0016 g g<sup>-1</sup>dia)

ocorreu na área de reflorestamento com teca (RET), sendo necessários 433 dias para decompor metade do material foliar, seguida por (0,0018 g g<sup>-1</sup> dia) para (REM), sendo necessários 385 dias para decompor metade do material foliar.

A produção de biomassa radicular, somando-se as três profundidades de estudo, foi maior no ambiente de floresta nativa, ocorrendo de forma mais intensa no período chuvoso do ano, chegando a valores de 8.191,50 kg ha<sup>-1</sup>, decrescendo conforme aumenta a profundidade. No entanto os maiores percentuais, correspondente ao total produzido, ocorreram nos ambientes de reflorestamento para profundidade de 0-5 cm, chegando a valores de 72,18% para REM no período chuvoso.

O comportamento da densidade em função do volume de solo mostrou que a maior concentração se encontra nos primeiros 5 centímetros de profundidades, não se diferenciando significativamente a nível de 5% entre os ambientes e período do ano. Para as demais profundidades se mostrou significativo para o ambiente de floresta nativa, com maiores valores encontrados no período chuvoso. O carbono orgânico do solo (Corg), apresentou significância, entre o período seco e chuvoso para os ambientes de FN e REJ.

Presume-se que diante dos resultados obtidos os fatores edafoclimáticos como precipitação, solo e características das espécies florestais influenciaram, tanto na produção de biomassa de raízes finas como na estimativa do carbono orgânico do solo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA EJ, LUIZÃO F, RODRIGUES DJ. Produção de serapilheira em florestas intactas e exploradas seletivamente no sul da Amazônia em função da área basal da vegetação e da densidade de plantas. *Acta Amazônica*. 2015 45(2):157-166, doi: 10.1590/1809-4392201402543

ALVARES CA, STAPE JL, SENTELHAS PC, GOLÇALVES JL DE M, SPAROVEK G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. 2014 22(6):711-718

BLOCK RMA, VAN REES KCJ, KNIGHT JDA. A review of fine root dynamics in populus plantations. *Agroforestry Systems*. 2006 67:131-138.

BOHM W. *Methods of studying root systems*. Berlir: Springer-Verlag; 1979. 188 p.

BRASSARD BW et al. Tree species diversity increases fine root productivity through increased soil volume filling. *Journal of Ecology*. 2013 101(1): 210-219, doi: 10.1111/1365-2745.12023

CABIANCHI, G. M. *Ciclagem de nutrientes via serapilheira em fragmento ciliar do rio Urupá, Rondônia*. Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2010.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais. *Comunicata Scientiae* v.4, n.2, p:111-119, 2013.

CARVALHO. H. C. S.; FERREIRA. J. L. S.; CALIL. F. N.; MELO. C.; NETO. S. Estoque de nutrientes na serapilheira acumulada em quatro tipos de vegetação no Cerrado em Goiás. *Ecologia e Nutrição Florestal*, Santa Maria-RS, v.7, e 06, 2019

CECONI DE. et al. Biomassa e comprimento de raízes finas em povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild estabelecido em área degradada por mineração de carvão. *Revista Floresta*. 2008 Jan-Mar;38(1):1-10.

COSTA, W. A. J. M.; ATAPATTU, A. M. L. K. Decomposition and nutrient loss from prunings of different contour hedgerow species in tea plantations in the sloping highlands of Sri Lanka. *Agroforestry Systems*, Heidelberg, v. 51, n. 3, p. 201-211, mar. 2001

COSTA EM, SILVA HF, RIBEIRO PRA. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. *Enciclopédia biosfera*, Centro Científico Conhecer. 2013 9(17):1843.

DEBORTOLI, N.; DUBREUIL, V.; DELAHAYE, F.; FILHO, S. R. Análise temporal do período chuvoso na Amazônia meridional brasileira (1971-2010). *Revista geonorte*, edição especial 2, v. 1, n. 5, p. 382 – 394, 2012.

DICK G, SCHUMACHER MV. Raízes finas em árvores jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden. *Ecologia e Nutrição Florestal*. 2019 7(3), doi: 10.5902/2316980X36338

DUNBABIN V, RENGEL Z, DIGGLE A. The root growth response to heterogeneous nitrate supply differs for *Lupinus angustifolius pilosus*. *Australian Journal of Agricultural Research*. 2001 52:495-503,

FEARNSIDE PM. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazonica*. 2006 36(03):395-400, doi: 10.1590/S0044-59672006000300018

FINÉR L, OHASHIB M, NOGUCHI K, HIRANOD Y. Factors causing variation in fine root biomass in forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*. 2011 261: 265-277, doi: 10.3390/f9010035

FREITAS TAS, BARROSO DG, CARNEIRO JGA. Dinâmica de raízes de espécies arbóreas: visão da literatura. *Ciência Florestal*. 2008 18(1):133-142.

GATTO A, BARROS NF, NOVAIS RF, DA SILVA IR, LEITE HG, LEITE FP, VILLANI EMA. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2010 34:1069-1079.

GILL R, JACKSON RB. Global patterns of root turnover for terrestrial ecosystems. *New Phytologist*. 2000 147:13-31.

GRUGIKI, M. A.; ANDRADE, F. V.; PASSOS, R. R.; FERREIRA, A. C. Decomposição e atividade microbiana da serapilheira em coberturas florestais no Sul do Espírito Santo. *Floresta e Ambiente*, v. 24, n. 20, p. 150-189, 2017.

GUO, L. B.; SIMS, R. E. H. Litter decomposition and nutrient release via litter decomposition in New Zealand eucalypt short rotation forests. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 75, n. 1, p. 133-140, 1999.

HOLANDA, A. C.; FELICIANO, A. L. P.; FREIRE, F. J.; SOUSA, F. Q.; FREIRE, S. R. O.; ALVES, A. R. Aporte de serapilheira e nutrientes em uma área de caatinga. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 621-633, abr.-jun. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 15 de outubro de 2019.

JORDAN CF. Nutrient cycling in tropical forest ecosystems. New York: John Wiley and Sons, 1985. 190 p.

KIM, Y.; KNOX, R. G.; LONGO, M.; MEDVIGY, D.; HUTYRAK, L. R.; PYLE, E. H. Seasonal carbon dynamics and water fluxes in an Amazon rainforest. *Global Change Biology*, v. 18, p. 1-11, 2012.

LIMA, R. P. Aporte e decomposição da serapilheira na Caatnia no sul do Piauí. *Revista Floresta e Ambiente, Seropédica*, v. 22, n. 1, p. 42-49, jan.-mar, 2015.

LIMA TTS et al. Fine-root production in two secondary forest sites with distinct ages in Eastern Amazon. *Acta Amazonica*. 2012 42:95-104.

LOPES, M. I. M.; DOMINGOS, M.; VUONO, Y. S. Ciclagem de nutrientes minerais. In: Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica. SYLVESTRE, L. S.; ROSA, M. M. T. Seropédica: EDUR, 2002. p.72-103.

LOPES VG. Quantificação das raízes finas em um povoamento de (*pinus taeda* l.) na região dos Campos de Cima da Serra, RS. [dissertação], Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria-UFSM; 2009. 85 p.

MARTINS, S. C. Caracterização dos solos e serapilheira ao longo do gradiente altitudinal da Mata Atlântica, estado de São Paulo, Universidade de São Paulo. 2010.

MARTINS LFS. Características do sistema radicular das arvores de (*Eucalyptus grandis*) em resposta a aplicação de doses crescentes de bioessolido. 2004 Jun; 65:207-218

MENDES LSS. Dinâmica de raízes finas em relação à disponibilidade sazonal de nutrientes e de diferentes níveis de deposição úmida em florestas tropicais. [tese], São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE; 2018. 188 p.

MENEZES CEG, PEREIRA MG, CORREIA MEF, ANJOS LHC, PAULA RR, SOUZA ME. Aporte e decomposição de serapilheira e produção de biomassa radicular em floresta com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, RJ. *Ciência Florestal*. 2010 Jul-Set;20(3):439-452, doi: 10.5902/198050982059

METCALFE DB et al. The effects of water availability on root growth and morphology in an Amazon rainforest. *Plant and Soil*. 2008 311:189-199, doi: 10.1007/s11104-008-9670-9.

MOMOLLI, D. R.; SCHUMACHER, M.V.; DICK, G.; VIERA, M.; SOUZA, H. B. Decomposição da serapilheira foliar e liberação de nutrientes em *Eucalyptus dunnii* no Bioma Pampa. *Scientia Forestalis, Piracicaba*, v. 46, n. 118, p. 199-208, jun. 2018.

MUNIZ, F. H. Padrões de floração e frutificação de árvores da Amazônia Maranhense. *Acta Amazonica*, v. 38, p. 617-626, 2008..

NAVROSKI MC, BIALI LJ, BIANCHIN JE, CAMARGO L, SCHUMACHER MV. Quantificação de biomassa e comprimento de raízes finas em povoamento de (*Eucalyptus cloeziana* F. Muell.). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 2010 5(4):535-540, doi: 10.5239/agraria.v5i4.725

NETO, A. P. S.; BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; NOVAES, A. B.; PAULA, A. Produção de serapilheira em floresta estacional semidecidual e em plantios de *pterogyne nitens* tul. e *eucalyptus urophylla* s. T. Blake no Sudoeste da Bahia, *Ciência Florestal*, v. 25, n. 3, p. 633-643, 2015.

OLIVEIRA IA, CAMPOS MCC, FREITAS L, SOARES MDR. Caracterização de solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas. *Acta amazônica*. 2015 45(1):1-12, doi: 10.1590/1809-4392201400555

OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, v. 44, n. 2, p. 322-330, 1963.

- OURIQUE, L. K.; SILVA, R. O.; SOUZA, C. A. S.; NOGUCHI, H.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Relação da produção de serapilheira com incremento em diâmetro de uma floresta madura na Amazônia Central. *Scientia Forestalis*. V. 44, n. 112, p. 875-886, dez. 2016.
- PIRES, H. C. G.; ROSA, L. S.; CABRAL, B. S.; SILVA V. M.; NOGUEIRA, G. A.; FERREIRA, P. R. N. Padrão Fenológico de *Attalea maripa* (Aubl.) Mart. em Áreas de Pastagens na Amazônia Oriental. *Floresta e Ambiente*. v. 23, n.2, p. 170-179, 2016.
- ROSA, I. M. D.; PURVES, D.; JÚNIOR, C. S.; EWERS, R. M. Predictive modelling of deforestation in the Brazilian Amazon. *Plos One*, v. 8, n. 10, 2013.
- SILVA, H. F.; BARRETO, P. A. B.; SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; OLIVEIRA, F. G. R. B. Decomposição de serapilheira foliar em três sistemas florestais no Sudoeste da Bahia. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 12, n. 3, p. 164, Porto Alegre, 2014.
- SILVA, W. T. M.; LEONARDO, F. A. P.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; LUCENA, J. D. S.; NETO, P. H. M. Deposição de Serapilheira em Áreas de Caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 12, n. 4, p. 383-390, 2016.
- SCHUMACHER MV et al. Produção de serapilheira em uma floresta de (*Araucária angustifolia* Bertol) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. *Revista Árvore* 2004 28:29-37
- TEIXEIRA PC, DONAGEMMA GK, FONTANA A, TEIXEIRA WG. Manual de métodos de análise de solos. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2017. 573 p.
- TERROR, V. L.; SOUSA, H. C.; KOSOVITS, A. R. Produção, decomposição e qualidade nutricional da serapilheira foliar em uma floresta paludosa de altitude. *Acta Botânica Brasilica*, v.25, n.1, p.113-121, 2011.
- URBANO, C. N.; SIMONETE, M. A.; ERNANI, P. R.; CHAVES, D. M.; MORO, L. Aporte de serapilheira e nutrientes ao solo em povoamentos jovens de *Eucalyptus* no planalto catarinense. *Ecologia e Nutrição Florestal*. V. 6, n. 2, p. 33-44, 2018.
- VILLA, E. B.; M. G. PEREIRA.; ALONSO, J. M.; BEUTLER, S. J.; LELES, P. S. S. Aporte de serapilheira e nutrientes em área de restauração florestal com diferentes espaçamentos de plantio. *Floresta e Ambiente*. v. 23, n. 1, p. 90-99, 2016.
- VITAL ART, GUERRINI IA, FRANKEN WK, FONSECA RCB. Produção de serapilheira e ciclagem de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. *Revista Árvore* 2004 28:793-800.
- VOGT KA, VOGT DJ, BLOOMFIELD. Analysis of some direct and indirect methods for estimating root biomass and production of forests at an ecosystem level, *Plant Soil*. 1998 200:71-89.
- WITSCHORECK R, SCHUMACHER MV, CALDEIRA MVW. Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake). 2003 27(2):177-183.
- WRIGHT SJ et al. Potassium, phosphorus, or nitrogen limit root allocation, tree growth, or litter production in a lowland tropical forest. *Ecology*. 2011 92(8):1616-1625, doi: 10.1890/10-1558.1.
- YEOMANS JC, BREMNER JM. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York. 1988 13:1467-1476.

# SOLO, ÁGUA, PLANTA E VARIÁVEIS AMBIENTAIS:

---

Impactos e suas transformações  
no Sul do Amazonas

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# SOLO, ÁGUA, PLANTA E VARIÁVEIS AMBIENTAIS:

---

Impactos e suas transformações  
no Sul do Amazonas

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)