

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE  
CAMPUS VALE DO RIO MADEIRA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

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

OZIAS DA CUNHA BELLO



HUMAITÁ – AM  
2019

OZIAS DA CUNHA BELLO

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

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amazonas como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais. Linha de Pesquisa: Componentes e Dinâmicas dos Ecossistemas com Ênfase no Bioma Amazônico.

Orientador: Prof. Dr. José Maurício da Cunha

HUMAITÁ - AM

2019

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

B446e Bello, Ozias da Cunha  
Estudo da Serapilheira, Biomassa Radicular e Variáveis do Solo:  
Uma Abordagem Socioambiental na Amazônia / Ozias da Cunha  
Bello. 2019  
82 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: José Maurício da Cunha  
Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade  
Federal do Amazonas.

1. Aporte florestal. 2. Deposição. 3. Raízes finas. 4. Carbono  
orgânico. 5. Litter bags. I. Cunha, José Maurício da II. Universidade  
Federal do Amazonas III. Título

OZIAS DA CUNHA BELLO

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

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amazonas como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais. Linha de Pesquisa: Componentes e Dinâmicas dos Ecossistemas com Ênfase no Bioma Amazônico.

Aprovado em: 30 de julho de 2019

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. José Maurício da Cunha  
Universidade Federal do Amazonas

---

Prof. Dr. Luís Antônio Coutrim dos Santos  
Universidade Federal do Amazonas

---

Prof. Dr. Ivanildo Amorim de Oliveira  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

À minha esposa e filhos, aos meus familiares, e a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Dedico!

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, que na sua infinita misericórdia vela por nós em todos os momentos.

À minha mãe que desde de criança foi minha maior incentivadora na minha realização pessoal e profissional.

À minha esposa Mess Lane pela paciência, incentivo, apoio incondicional e tão necessário nesta fase.

Aos meus filhos que mesmo sacrificando boa parte do tempo para estar com eles se mostraram compreensivos e carinhosos.

Ao meu orientador prof. Dr. José Maurício da Cunha, pelas orientações e correções.

Ao grupo de pesquisa solos e ambiente amazônico, na pessoa do prof. Dr. Milton César Costa Campos pela confiança e a todos os bolsistas e voluntários do laboratório de solos que me deram o suporte necessário para realização desse trabalho.

Ao prof. Dr. Marcos Gervasio Pereira do Departamento de Solos da UFRRJ pela parceria e contribuições nesse trabalho.

Ao Senhor Nelson Vanazzi por ceder a área para montar o experimento e pelas informações prestadas.

Aos examinadores pela disponibilidade e contribuições na finalização do trabalho.

A todos os amigos do mestrado em especial Maria Clécia Gomes Sales pelo trabalho desenvolvido em conjunto.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pela concessão da bolsa durante o período do mestrado.

A todos os professores do PPGCA em especial Viviane Vidal da Silva e Marcos André Braz Vaz por compor a banca na qualificação e pelas valiosas contribuições.

Aos técnicos e funcionários terceirizados que muito nos ajudaram no suporte logístico, meu muito obrigado.

É fundamental diminuir a distância entre o que se diz e o que se faz, de tal forma que, num dado momento, a tua fala seja a tua prática.

Paulo Freire.

## LISTA DE FIGURAS

### **CAPÍTULO II – PRODUÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA EM ÁREAS DE REFLORESTAMENTO E FLORESTA NATIVA NA MESORREGIÃO SUL AMAZONENSE**

<b>FIGURA 1.</b> LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDOS. ....	366
<b>FIGURA 2.</b> COLETA DE SERAPILHEIRA (A); SEPARAÇÃO DAS FRAÇÕES B; SECAGEM C; PESAGEM DAS FRAÇÕES D.....	388
<b>FIGURA 3.</b> <i>LITTER BAGS</i> INSTALADOS EM ÁREAS DE REFLORESTAMENTO (A); LIMPEZA DO MATERIAL (B); SECAGEM C; PESAGEM DO MATERIAL CONTIDO NAS SACOLAS D.....	39
<b>FIGURA 4.</b> MÉDIA ANUAL DA PRODUÇÃO SERAPILHEIRA NAS DIFERENTES ÁREAS DE ESTUDO. LETRAS IGUAIS NÃO DIFEREM PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL 5%. LINHA TRACEJADA REPRESENTA A MÉDIA E CONTINUA A MEDIANA. ....	42
<b>FIGURA 5.</b> COMPORTAMENTO DA FRAÇÃO DA SERAPILHEIRA NAS DIFERENTES ÁREAS DE ESTUDO. ....	43
<b>FIGURA 6.</b> PERCENTUAL DA FRAÇÃO DE SERAPILHEIRA NO PERÍODO ENTRE MARÇO 2018 A FEVEREIRO DE 2019, NAS DIFERENTES ÁREAS DE ESTUDO. ....	45
<b>FIGURA 7.</b> CURVAS DE DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA NAS DIFERENTES ÁREAS DE ESTUDO. ....	49

### **CAPÍTULO III- QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA RADICULAR E VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO EM ÁREAS DE REFLORESTAMENTO E FLORESTA NATIVA NA MESORREGIÃO SUL AMAZONENSE**

<b>FIGURA 1.</b> LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDOS. ....	58
<b>FIGURA 2.</b> ABERTURA DE TRINCHEIRA (A); LAVAGEM DAS RAÍZES (B); SEPARAÇÃO (C); SECAGEM (D) .....	60
<b>FIGURA 3.</b> BIOMASSA DE RAÍZES FINAS NOS DIFERENTES AMBIENTES E PERÍODO DE ESTUDO. ....	64
<b>FIGURA 4.</b> DENSIDADE DE RAÍZES FINAS NOS DIFERENTES AMBIENTES E PROFUNDIDADES. .	66
<b>FIGURA 5.</b> CONCENTRAÇÃO DE (COS) NOS DIFERENTES AMBIENTES E PROFUNDIDADES. ..	68
<b>FIGURA 6.</b> CONCENTRAÇÃO DE (COS) NOS DIFERENTES AMBIENTES E PROFUNDIDADES. ..	69
<b>FIGURA 7.</b> CONCENTRAÇÃO DE (COS) NOS DIFERENTES AMBIENTES E PROFUNDIDADES. ..	69
<b>FIGURA 8.</b> MATÉRIA ORGÂNICA NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES E AMBIENTE, HUMAITÁ-AM. ....	70

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I – REFERENCIAL TEÓRICO

**TABELA 1.** ESTIMATIVAS DE PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA PARA A AMAZÔNIA BRASILEIRA. .20

### CAPÍTULO II – PRODUÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA EM ÁREAS DE REFLORESTAMENTO E FLORESTA NATIVA NA MESORREGIÃO SUL AMAZONENSE

**TABELA 1.** VALORES MÉDIOS MENSAIS E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DO APORTE TOTAL DE SERAPILHEIRA NAS DIFERENTES ÁREAS DE ESTUDO, HUMAITÁ-AM.....41

**TABELA 2.** PERCENTUAL DA FRAÇÃO DA SERAPILHEIRA EM ÁREAS DE REFLORESTAMENTO E FLORESTA NATIVA, PERÍODO MARÇO 2018 – FEVEREIRO 2019. ....47

**TABELA 3.** PERCENTUAL REMANESCENTE DA FRAÇÃO FOLIAR DA SERAPILHEIRA NAS COBERTURAS FLORESTAIS DE ESTUDO, HUMAITÁ-AM. ....48

**TABELA 4.** VALORES DE CONSTANTE DE DECOMPOSIÇÃO (K) E TEMPO DE MEIA VIDA (T1/2) DA SERAPILHEIRA NOS DIFERENTES AMBIENTES DE ESTUDO. ....50

### CAPITULOIII- QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA RADICULAR E VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO EM ÁREAS DE REFLORESTAMENTO E FLORESTA NATIVA NA MESORREGIÃO SUL AMAZONENSE

**TABELA 1.** BIOMASSA DE RAÍZES FINAS NOS DIFERENTES AMBIENTES DE ESTUDO, HUMAITÁ-AM. ....63

**TABELA 2.** DENSIDADE DE RAÍZES NOS DIFERENTES AMBIENTES DE ESTUDO, HUMAITÁ –AM. ....65

**TABELA 3.** PERCENTUAL DE BIOMASSA NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES E MÊS DE COLETA, HUMAITÁ-AM. ....67

**TABELA 4.** PH DO SOLO NOS DIFERENTES AMBIENTES E PROFUNDIDADE, HUMAITÁ-AM. ....71

## LISTA DE ABREVIATURAS

AC – Área do Coletor

ACi – Área do Cilindro

AM – Amazonas

BRF – Biomassa de Raízes Finas

COS – Carbono Orgânico do Solo

CV – Coeficiente de Variação

DRS – Densidade de Raízes Secas

EB – Exército Brasileiro

FN – Floresta Nativa

IEAA – Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente

MO – Matéria Orgânica

MS – Massa Seca

PAS – Produção Anual de Serapilheira

PSM – Produção de Serapilheira Mensal

REJ – Reflorestamento com Jenipapo

REM – Reflorestamento Misto

RET – Reflorestamento com Teca

TFSA – Terra Fina Seca ao Ar

VM – Volume do Monólito

## LISTA DE SIMBOLOS E SIGLAS

°C	graus célsius
cm	centímetro
g	grama
gdm <sup>3</sup>	grama por centímetro cubico
ha <sup>-1</sup>	hectare
H <sub>2</sub> O	água
K	constante de decomposição
km	quilometro
km <sup>2</sup>	quilometro quadrado
ln(2)	logaritmo neperiano
m	metro
m <sup>2</sup>	metro quadrado
mm	milímetro
Mg	megagrama
pH	pH potencial hidrogênico
P <sub>0</sub>	peso inicial
P <sub>r</sub>	peso remanescente
t <sub>1/2</sub>	tempo de meia vida
X <sub>0</sub>	peso do material no tempo zero
X <sub>t</sub>	peso após t dias
%	percentual
% R	percentual remanescente
Σ	sigma (somatório)
>	maior
<	menor
≤	menor igual

## SUMÁRIO

<b>RESUMO GERAL</b> .....	14
<b>ABSTRACT</b> .....	15
<b>CAPÍTULO I – REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	16
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	18
2.1 GERAL .....	18
2.2 ESPECÍFICOS .....	18
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	19
3.1 PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA EM ECOSSISTEMAS FLORESTAIS .....	19
3.3 CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES USADAS NO REFLORESTAMENTO .....	23
3.3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA TECA .....	23
3.3.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO JENIPAPO .....	24
3.3.3 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MOGNO .....	25
3.3.4 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA SUMAÚMA .....	25
3.3.5 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ANDIROBA .....	26
3.4 SISTEMA RADICULAR DE ESPÉCIES ARBÓREAS .....	26
<b>4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	28
<b>CAPÍTULO II – PRODUÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA EM ÁREAS DE REFLORESTAMENTO E FLORESTA NATIVA NA MESORREGIÃO SUL AMAZONENSE</b> .....	33
<b>RESUMO</b> .....	33
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	35
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	35
2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	35
2.2 HISTÓRICO DAS ÁREAS DE ESTUDOS .....	37
2.3 PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA AO LONGO DE UM CICLO ANUAL .....	37
2.4 DETERMINAÇÃO DA DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA .....	39
2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS DADOS .....	41
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	41
3.1 PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA .....	41
3.2 DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA .....	48
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	51

<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	52
<b>CAPITULOIII- QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA RADICULAR E VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO EM ÁREAS DE REFLORESTAMENTO E FLORESTA NATIVA NA MESORREGIÃO SUL AMAZONENSE</b> .....	55
<b>RESUMO</b> .....	55
<b>ABSTRACT</b> .....	56
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	57
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	58
2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	58
2.2 HISTÓRICO DA ÁREA DE ESTUDO .....	59
2.1 QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA RADICULAR NA ÉPOCA SECA E CHUVOSA DO ANO .....	59
2.2 VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO .....	61
2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS DADOS .....	62
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	62
3.1 QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA DE RAÍZES FINAS.....	62
3.2 VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO .....	67
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	72
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	73
<b>CAPITULO IV – UMA ABORDAGEM SOCIOAMBIENTAL</b> .....	76
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	76
<b>2 ABORDAGEM SOCIOAMBIENTAL</b> .....	77
2.1 A FINALIDADE DA SERAPILHEIRA NO CONTEXTO AMBIENTAL .....	77
2.2 A BIOMASSA DE RAÍZES FINAS.....	78
2.3 A IMPORTÂNCIA DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL.....	78
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	81
<b>4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	82

## RESUMO GERAL

A produção de serapilheira é essencial para a permanência e continuidade das florestas. O presente estudo buscou quantificar a produção de serapilheira, a taxa de decomposição, a biomassa radicular e variáveis do solo em ambientes de floresta nativa e reflorestamento na mesorregião Sul Amazonense. Para a avaliação da produção de serapilheira, foram instalados de modo aleatório dez coletores cônicos em cada área de estudo. As coletas foram realizadas mensalmente no período de abril de 2018 a março de 2019. Após cada coleta foi realizado a triagem das frações folhas, ramos, material reprodutivo (flores, sementes e frutos) e miscelânea (restante do material), foram colocadas em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C, por 48 horas, posteriormente pesado em balança de precisão para a avaliação da contribuição de cada fração. 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* com 10 gramas de material foliar que predominou na composição da serapilheira em cada área de estudo. Para avaliação da biomassa de raízes ( $\leq 2$  mm), 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 0,00-0,05, 0,05-0,15 e 0,15-0,30 cm, constituindo assim três repetições por profundidade por área. 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 micrômetros respectivamente, após a lavagem das raízes efetivas ( $\leq 2$  mm), as mesmas foram levadas para estufa de circulação por 72 horas. Para análise de solo foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo em três profundidades diferentes, 0,00-0,05 cm; 0,05-0,15 cm e 0,15-0,30 cm, as análises realizadas foram pH e carbono orgânico. A produção de serapilheira não houve diferença significativa entre as áreas de estudo. Entre as frações da serapilheira a que mais contribuiu foi a fração foliar, atingindo maior 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. A maior quantidade de biomassa de raízes finas, somando-se as três profundidades do solo foi encontrada nos ambientes de floresta nativa (FN), com 8191,50 kg ha<sup>-1</sup>, correspondente ao período chuvoso, decrescendo conforme aumenta a profundidade, com maior valor encontrado de densidade de raízes de 8,1997 g-dm<sup>-3</sup>, na camada de 0-5 cm, para (FN), correspondente ao período chuvoso. O carbono orgânico do solo (COS) variou de 19,47 g kg<sup>-1</sup> (FN) a 14,62 g kg<sup>-1</sup> (RET), para coleta em janeiro.

**Palavras-chave:** Aporte florestal, Deposição, Raízes finas, Carbono orgânico

## ABSTRACT

The production of burlap is essential for the permanence and continuity of the forests. The present study sought to quantify the production of serapilheira, the rate of decomposition, the root biomass and soil variables in native forest environments and reforestation in the Southern mesoregion amazonense. For the evaluation of the production of burlap, ten tapered collectors were randomly installed in each study area. The collections were made monthly in the period from April 2018 to March 2019. After each collection was carried out the sorting of the leaves, branches, reproductive material (flowers, seeds and fruits) and miscellaneous (rest of the material), were placed in air circulation greenhouse at 65 C, for 48 hours, then weighed on a precision balance for the evaluation of the contribution of each fraction. The estimation of the rate of decomposition of the burlap was made by the analysis of mass loss using litter bags, being randomly distributed 64 litter bags with 10 grams of foliar material that predominated in the composition of the burlap in each study area. For the assessment of the root biomass ( $\leq 2$  mm), the trenches were opened, where a distance was adopted from the base of the plant of approximately 80 m, collecting samples with the aid of a steel cylinder 10 cm high and 7 cm diameter, at depths of 0.00-0.05, 0.05-0.15 and 0.15-0.30 cm, thus constituting three repetitions per depth per area. The samples were subjected to manual washing in running water until total removal of the soil, using a set of sieves overlapped with meshes of 2mm, 1mm and 500 micrometers respectively, after effective root washing ( $\leq 2$  mm), they were taken into circulation for 72 hours. For soil analysis deformed and undefended soil samples were collected at three different depths, 0.00-0.05 cm; 0.05-0.15 cm and 0.15-0.30 cm; pH and organic carbon analyses were performed. The production of serapilheira did not present any significant difference between the study areas. Among the fractions of the serapilheira, the leaf fraction contributed the most, reaching the highest percentage in the year of 72.1% for the environment of reforestation with teak (*Tectona grandis*) RET. The decomposition of the burlap occurred more quickly (0,0025 g-1day) for the reforestation environment with jenipapo (*Genipa americana* L.) REJ, and it took 277,26 days to decompose half of the foliar material. The greatest quantity of biomass of fine roots, adding up the three depths of the soil was found in the environments of native forest (FN), with 8191,50 kg ha<sup>-1</sup>, corresponding to the rainy period, decreasing as the depth increases, with higher found value of root density of 8,1997 g-dm<sup>-3</sup>, in the layer of 0-5 cm, for (FN), corresponding to the rainy period. The soil's organic carbon (COS) ranged from 19.47 g kg<sup>-1</sup> (FN) to 14.62 g kg<sup>-1</sup> (RET) for collection in January.

**Keywords:** Forest input, Deposition, Thin roots, Organic carbon

## CAPÍTULO I – REFERENCIAL TEÓRICO

### 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que se destaca a nível nacional e internacional no desenvolvimento de atividades voltadas para a maximização da exploração agrícola. Segundo Lima et al. (2009), os modelos produtivos utilizados, dessa forma, vêm levando a uma crescente degradação dos recursos naturais, contribuindo para a redução da capacidade produtiva dos solos, associada a outros danos ambientais também de significativa importância.

A Amazônia é a maior floresta tropical do mundo, ela permaneceu aparentemente intacta até a década de 70, com a abertura da rodovia Transamazônica, deu início a um intenso processo de ocupação e colonização, resultando em extensas áreas de floresta desmatada. O desmatamento na região é principalmente concentrado no chamado “arco do desmatamento”, que compreende, além de regiões de Mato Grosso e do Pará, regiões do Maranhão, do Tocantins, de Rondônia, do Amazonas e do Acre (CARVALHO; DOMINGUES, 2016).

Os impactos do desmatamento favorecem a perda da biodiversidade, causando um desequilíbrio no ecossistema, alterando a paisagem e influenciando os processos físicos, químicos e biológicos do solo. Segundo Cabianchi (2010), o desmatamento influencia também os mecanismos de reciclagem de nutrientes, diminuindo mais ainda a fertilidade naturalmente baixa dos solos dessas regiões. Isso ocorre em decorrência da retirada da cobertura florestal pois o solo se mostra como o principal coletor das frações orgânicas. Para Vital et al. (2004), o retorno de matéria orgânica e de nutrientes para o solo florestal se dar através da produção e decomposição da serapilheira, sendo esta considerada o meio mais importante de transferência de nutrientes essenciais para o solo.

Segundo Sampaio et al. (2003), o processo de queimadas de extensas áreas para dar lugar a atividade agrícola, implica em maiores percentuais de perda por volatilização e lixiviação, os nutrientes perdidos ocasionam importante impacto no balanço de nutrientes do ecossistema.

As informações dos arranjos do sistema radicular, bem como o conhecimento da sua biomassa, servem como subsídio para elucidar as interações fisiológicas básicas, principalmente aquelas relacionadas com a nutrição e o balanço hídrico das

árvores, fornecendo informações para a manutenção da capacidade produtiva desses ambientes, sendo de extrema relevância no planejamento da atividade florestal (LOPES, 2009).

No entanto, é verificada, atualmente, uma grande pressão para amenização dos impactos antrópicos no meio natural, focando especialmente a recuperação de áreas degradadas e a restauração florestal. Segundo Rosa (2015), o Brasil é um país promissor para o desenvolvimento da atividade florestal, pois possui condições edafoclimáticas favoráveis ao estabelecimento de plantios com espécies de rápido crescimento e a adoção de tratamentos silviculturais adequados e intensos.

A implantação de medidas como redução de emissão de carbono, aprovada no protocolo de Kyoto, em 1997, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, fez com que a regulamentação da exploração de florestas naturais aumentasse (GODOY; PAMPLONA, 2007). Os estados pertencentes à Amazônia Legal tiveram que reduzir as explorações não sustentáveis de floresta nativa e incentivar a prática do manejo sustentável, além de fomentar o reflorestamento com plantas exóticas e nativas, entretanto, a silvicultura nesta região ainda é incipiente (BASSO, 2016).

Diversos estudos sobre a produção e ciclagem de nutrientes via serapilheira vem sendo amplamente realizados em florestas naturais e plantadas, entretanto poucos estão voltados para a região Amazônica. O presente trabalho reconhece a importância de se levantar informações a respeito da serapilheira e biomassa de raízes finas em ecossistemas amazônicos seja ele no seu ambiente natural ou plantado, haja vista que tem ocorrido alterações rápidas e de forma contínuas decorrentes de ações antrópicas na região.

Ressalta-se a relevância de estudos como esse, onde seus resultados sirvam de ferramentas no planejamento a curto e longo prazo para mitigar possíveis danos causados ao meio ambiente, fruto da exploração dos recursos naturais de forma não sustentável. Diante do exposto, este capítulo tem como objetivo realizar um levantamento bibliográfico da produção e decomposição da serapilheira e quantificação de biomassa radicular em áreas de reflorestamento e floresta nativa, abordando as características botânicas das espécies florestais plantadas no reflorestamento em estudo no município de Humaitá – AM.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

O presente trabalho pretende determinar a produção e decomposição da serapilheira, a biomassa radicular e atributos químicos do solo na mesorregião sul Amazonense.

### **2.2 Específicos**

Quantificar a produção de serapilheira ao longo de um ciclo anual em ambientes de reflorestamento e floresta nativa.

Estimar a taxa de decomposição e o tempo de meia vida do material foliar da serapilheira.

Determinar a biomassa radicular em diferentes profundidades na época seca e chuvosa do ano.

Determinar as concentrações de carbono orgânico do solo e matéria orgânica ao longo de um ciclo anual.

Comparar os resultados entre os diferentes ambientes de estudo.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Produção de serapilheira em ecossistemas florestais

Estimar a produção de serapilheira nos ecossistemas nativos e manejados pelo homem serve para embasar o processo de intervenção em ambientes naturais, pois o aporte de nutrientes depositado no chão das florestas, oriundo da ciclagem da serapilheira, se torna o pilar de sustentação para permanência de todo o sistema. A produção de serapilheira, assim como o retorno de nutrientes em ecossistemas florestais torna-se o ciclo mais importante de nutrientes no sistema solo-planta-solo (VILLA et al., 2016).

O estoque de biomassa acima do solo em um ecossistema florestal está intimamente associado à quantidade de nutrientes acumulados em seus vários compartimentos, que incluem a vegetação, o solo e a serapilheira. O último componente refere-se à camada de matéria orgânica disposta na superfície do solo em ambientes florestais, sendo constituído por folhas, galhos, cascas, órgãos reprodutivos e detritos (COSTA et al., 2010).

A serapilheira não só permite o retorno de matéria orgânica ao solo, como possibilita o reaproveitamento no ciclo de nutrientes do ecossistema, quando, por meio do processo de decomposição, libera para o solo elementos minerais que poderão ser reabsorvidos pelas raízes das plantas (SILVA et al., 2007). Sendo assim, esse material orgânico é indispensável para a manutenção e o equilíbrio florestal de qualquer bioma.

A maior parte da biomassa que retorna ao solo, em ecossistemas florestais, chegando a média de 68% da massa total é representada pelas folhas (KÖNIG et al., 2002). Essa proporção cresce com a idade e depois é reduzida devido ao aumento da queda de outros componentes como galhos, cascas e frutos, porém, mesmo em idade mais avançada, as folhas continuam sendo a maior fonte de serapilheira (MELO, 2006).

Nas florestas localizadas em regiões com clima sazonal com estações seca e chuvosa, a maior produção de serapilheira ocorre na época seca do ano, como é o caso dos ecossistemas amazônicos, florestas mesófilas, e nos cerrados. Já em florestas de regiões temperadas e com temperatura mais baixa, a maior produção de serapilheira ocorre na época úmida (CIANCIARUSO et al., 2006; PIRES et al., 2006). De modo geral, regiões que apresentam elevada precipitação pluviométrica

apresentam maior produção de serapilheira se comparadas a regiões mais secas (INKNOTTE et al., 2015).

As espécies florestais normalmente apresentam deposição contínua de serapilheira, sendo que em ambientes tropicais o maior volume ocorre principalmente nos períodos secos, como uma estratégia para minimizar os efeitos da menor disponibilidade de água (VILLA et al., 2016). Segundo Larcher (2000) com uma menor quantidade de folhas, diminui-se a taxa de transpiração e conseqüentemente a perda de água. Na região Amazônica, a quantidade de serapilheira depositada pode variar dentro de um mesmo ambiente, conforme (Tabela 1).

**Tabela 1.** Estimativas de produção de serapilheira para a Amazônia brasileira.

Autor	Local	Produção Mg há <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	C V %	N	Tipo de ambiente
Klinge e Rodrigues (1968)	Manaus	7,4			Platô
Luizão e Schubart (1987)	Manaus	7,42	28	15	Platô
Luizão e Schubart (1987)	Manaus	6,48	25	15	Baixio
Luizão (1989)	Manaus	8,25		15	Platô
Luizão (1989)	Manaus	7,44		15	Baixio
Barboza e Fearnside(1996)	Roraima	9,2			-
Martius et al. (2004)	Manaus	9,5	92	20	Platô
Martius et al. (2004)	Manaus	7,93	83	20	Platô
Dantas e Phillipson (1989)	Pará	8,04			Platô
Luizão et al. 2004	Manaus	8,9	21	10	Platô
Luizão et al. 2004	Manaus	6,6	12	10	Baixio
Silva et al. 2009	Caxiunã	8,87		20	Platô
Silva et al. 2009	Caxiunã	9,79		20	Platô
Chave et al. (2010)	Geral	8,61	22	52	Geral

Adaptado de (OURIQUE, 2016).

N= número de coletores; C V% = coeficiente de variação.

Diferenças entre produção de serapilheira, entre locais próximos podem ter relações com diferentes graus de perturbação dentro de uma mesma tipologia florestal (WERNECK et al., 2001). Para Pinto et al. (2008), são vários os fatores bióticos e abióticos que comprometem a produção de serapilheira, como tipo de vegetação,

altitude, latitude, precipitação, temperatura, regimes de luminosidade, deciduidade da vegetação, estágio sucessional, disponibilidade hídrica e características do solo.

Vários estudos argumentam que a quantidade e velocidade de decomposição de serapilheira e seus componentes como folha, material reprodutivo e material lenhoso podem ser afetados quando estiverem sob estresse hídrico e saturação de água no solo, podendo conseqüentemente também afetar outros mecanismos envolvendo carbono e nutrientes (SILVA et al., 2009). A frequência e a intensidade das secas na Amazônia poderão vir a aumentar no futuro, provocando alterações consideráveis no comportamento da floresta, dentre elas o aumento de queimadas naturais (HOFHANSL et al., 2014).

O estudo do estoque de biomassa da serapilheira acumulada em povoamentos florestais, em diferentes estações do ano, pode evidenciar a capacidade que o sistema tem de reservar ou repor nutrientes. Além disso, estudos dessa natureza contribuem para a avaliação da influência do regime hídrico como agente regulador do processo de produção e acúmulo de serapilheira, contribuindo para o entendimento da estrutura e funcionamento desses ecossistemas (BARBOSA et al., 2017).

Portanto, o aporte da serapilheira é um serviço ecossistêmico e pode ser indicador da sustentabilidade de uma floresta plantada ou reflorestada com espécies nativas, dessa forma deve ser mais estudado e conhecido, principalmente nas condições dos trópicos, onde há o predomínio de solos com baixa fertilidade natural (SANTANA; SOUTO, 2011).

### **3.2 Decomposição e ciclagem de nutrientes**

A decomposição da serapilheira contribui na formação da matéria orgânica do solo, na liberação de seus nutrientes para a biota e às plantas na evaporação de parte do dióxido de carbono, constituindo um processo que mantém a fertilidade e produtividade de todo o sistema (SCHERR, 2008).

A ciclagem de nutrientes depende exclusivamente da atividade dos microrganismos, componentes do solo e dos invertebrados que habitam na serapilheira acumulada e nas camadas superiores do solo, sendo estes responsáveis pelo rearranjo dos detritos e sua desintegração (PEDRO, 2017). Por ser um fator chave na manutenção e ciclagem dos nutrientes nos ecossistemas, a decomposição da serapilheira, deve ser objeto mais amplamente estudado, especialmente nas regiões tropicais (SANTANA; SOUTO, 2011).

No Brasil, para os estudos sobre a decomposição da serapilheira, geralmente, são utilizados dois métodos, onde o primeiro as quantidades definidas de serapilheira são enclausuradas em saquinhos de tela de náilon "*litter bags*", que são deixados no campo por determinado período de tempo. O segundo método, normalmente o mais utilizado, o peso da serapilheira acumulada sobre o solo e sua queda anual são conhecidos, assim se pode calcular a constante anual de decomposição, expressa como  $k$ , (OLSON, 1963; ATTIWILL, 1968).

A taxa de decomposição da serapilheira ( $k$ ) indiretamente representa a velocidade com que os nutrientes contidos nela se tornam disponíveis, sendo considerada alta quando os valores de  $k$  são acima de 1,0 (WARING; SCHLESINGER, 1985). De acordo com Correia; Andrade (1999), o valor  $k$  é um dos principais índices utilizados para estimar a deposição de serapilheira em coberturas florestais.

Cianciaruso et al. (2006) discutem que as serapilheiras possuem composições distintas e, conseqüentemente, velocidade de decomposição diferentes, sendo a velocidade global de decomposição dependente da proporção dos diferentes componentes presentes. Elevados teores de alguns componentes químicos como lignina, polifenóis e celulose podem retardar a taxa de decomposição da serapilheira, resultando em menores níveis de nutrientes no solo (Swift et al., 1979).

O processo de decomposição e liberação de nutrientes é composto por três fases, segundo Dutta; Agrawal (2001), sendo que na primeira fase ocorre liberação rápida de nutrientes através da lixiviação, a segunda fase é de imobilização do nutriente, que pode começar logo após a lixiviação ou quando começa a ocorrer perda de massa da serapilheira, e na terceira e última fase, ocorre a liberação absoluta de nutrientes e a decomposição final da serapilheira.

O clima é um fator importante na regulação do processo de decomposição, atuando juntamente com as características químicas e físicas dos componentes da serapilheira, a própria fauna edáfica e as características do solo que favorecem a atividades de decomposição como a porosidade, aeração e teor de matéria orgânica (HERNÁNDEZ, 2014).

O retorno dos nutrientes originados da decomposição da serapilheira vegetal em forma minerais disponíveis no solo é considerado mecanismo de grande importância, em ecossistemas onde a entrada anual de nutrientes é baixa, este retorno constitui-se um importante processo na manutenção de nutrientes em

ambientes tropicais, o processo de ciclagem de nutrientes, facilita o desenvolvimento de florestas em solo com baixos teores nutricionais (SCHUMACHER et al., 2004).

### **3.3 Características das espécies usadas no reflorestamento**

#### **3.3.1 Características gerais da Teca**

A espécie florestal *Tectona grandis* Linn. F., popularmente conhecida como teca, pertence à família Lamiaceae, anteriormente considerada pertencente à família Verbenaceae, e uma espécie exótica que se adaptou bem no estado de Mato Grosso (CALDEIRA; OLIVEIRA, 2008), sendo originária da Índia, Tailândia, Laos, Birmânia, Camboja, Vietnã e Indonésia (LAMPRECHT, 1990). É uma das espécies florestais mais plantadas no Brasil, com 67.329 ha<sup>-1</sup> em 2012, sendo que a Região Centro-Oeste possui 67,4% de sua produção (Associação Brasileira dos Produtores de Florestas Plantadas - ABRAF, 2013).

As folhas podem ter disposição oposta a verticilar em grupos de três, são coriáceas e medem de 30 a 60 cm de comprimento por 20 a 35 cm de largura, os limbos são largos e elípticos, glabros na face superior e tomentosos na face inferior, é comum na estação seca perder suas folhas por se tratar de uma espécie caducifolia (ANGELI; STAPE, 2003). A floração da teca ocorre normalmente de junho a agosto, entretanto, em certas ocasiões e lugares, pode se iniciar desde maio ou prolongar-se até setembro (WEAVER, 1993). No Brasil, sua floração pode ser observada entre os meses de dezembro a março (ROSA, 2015). Os frutos são do tipo drupa, cilíndricos, de cor marrom e possuem diâmetro de aproximadamente um cm, ocorrendo a primeira frutificação aos cinco ou seis anos de idade (ANGELI e STAPE, 2003). Alguns fatores como a precipitação anual, solo, temperatura, luz, topografia e as estações do ano influenciam no desenvolvimento da teca. No Brasil, ela se desenvolve melhor nas regiões com temperaturas médias anuais acima de 24°C, regime pluviométrico com precipitações entre 1.200 mm e 2.500 mm, com período seco ideal de 3 a 5 meses de duração (EMBRAPA, 2004).

Os solos adequados ao crescimento da teca são considerados solos profundos, férteis, bem drenados (PANDEY; BROWN, 2000). Entre os fatores mais limitantes ao crescimento da espécie, estão os solos pouco profundos e compactados, com baixo teor de cálcio, de magnésio e de drenagem deficiente (CHAVES; FONSECA, 1991). Entretanto, o reflorestamento, muitas vezes, ocorre em solos de menor fertilidade, sendo os mais férteis reservados às atividades agropecuárias (ROSA, 2015).

Em estudo desenvolvido por Silva et al. (2009), em uma área de floresta de transição Amazônia-Cerrado no norte de Mato Grosso, a produção de serapilheira apresentou variações sazonais com maior produção no período seco e predomínio da fração foliar em ambos os períodos. Almeida (2005), avaliando um povoamento de teca, observou variação na quantidade de serapilheira ao longo do ano, essas variações estiveram entre 0 a 1,87 Mg há<sup>-1</sup> para a teca com 0,5 anos e de 5,42 a 9,03 Mg ha<sup>-1</sup> para a teca com 5,5 anos, com média de 6,7 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

### 3.3.2 Características gerais do Jenipapo

O Jenipapeiro (*Genipa americana* L.) pertence à família Rubiaceae, sendo considerada uma espécie de importância econômica, tanto pela sua essência florestal, quanto pela produção de alimentos (FIGUEIREDO et al., 1986). Sua distribuição geográfica no Brasil abrange desde a Guiana e Marajó até São Paulo e Mato Grosso. Fora do Brasil, sua distribuição também é vasta, estendendo-se do México às Antilhas (GOMES, 1982).

A espécie apresenta porte arbóreo com características de plantas seletiva higrófito e é considerada de grande importância ecológica e econômica, tanto pelo uso em plantios mistos em áreas degradadas de preservação permanente, quanto pela produção de alimentos (ANDRADE et al., 2000; VALERI et al., 2003). Segundo Lorenzi (1992), desenvolver-se melhor em áreas com pluviosidade entre 1.200 e 4.000 mm e com temperaturas médias anuais entre 18°C e 28°C.

Apresenta caule reto, as folhas são verde escuro, oblongas e agudas, possuem superfícies e margens lisas e se apresentam agrupadas no extremo dos ramos, as flores são grandes, vistosas, hermafroditas amarelo-ouro contendo 5 pétalas, brancas logo que se abrem passando a amareladas, levemente aromáticas, reunidas em inflorescência e o fruto na forma de baga ovoide, de cor escura com casca rugosa e murcha, possui polpa marrom clara, doce e ácida, succulenta, de aroma forte que envolve numerosas sementes no centro, as quais são pardas, chatas e polidas (EPSTEIN, 2001).

Sua madeira é amplamente usada nas construções civil e naval, e marcenaria. Seu fruto, quando maduro, fornece polpa que pode ser consumida in natura ou na forma de sucos (FAO, 1986). Segundo Barbosa et al. (1989), por suportar longos períodos sob condições de alagamento, o jenipapo tem sido utilizado como espécie

promissora em modelos de recuperação de áreas degradadas em ambientes de mata ciliar no Estado de São Paulo.

### 3.3.3 Características gerais do Mogno

O Mogno (*Swietenia macrophylla* King) espécie pertencente à família Meliácea. A área de ocorrência do mogno se estende desde do México, passando pela costa atlântica da América Central, até um amplo arco da América do Sul, incluindo o Brasil, principalmente na Amazônia e na região sul do Pará (LORENZI, 1996; RIBEIRO et al., 1999). É uma espécie arbórea de grande porte que atinge até 70 metros de altura, com tronco de até 3,5m de diâmetro, o fuste é retilíneo e cilíndrico sem 2 ramificações, apresentam folhas compostas de até 10 folíolos com até 15 cm de comprimento, floresce durante os meses de novembro-janeiro, iniciam a maturação no mês de setembro, prolongando-se até meados de novembro (CARVALHO, 2007).

A casca é castanho-claro a acinzentada, áspera e provida de escamas planas separadas por fendas profundas encontrada em solos argilosos de áreas úmidas, às vezes pantanosas, porém sendo mais frequente em áreas bem drenadas, que recebem elevada precipitação pluvial, ocorre desde o nível do mar até 1.500m de altitude (LIMA JUNIOR; GALVÃO, 2005).

### 3.3.4 Características gerais da Sumaúma

A Sumaúma (*Ceiba pentandra* L. Gaertn), é uma espécie arbórea pioneira que pertence à família Bombaceae encontrada desde o México até o norte da América do Sul, incluindo a Bacia Amazônica (DICK et al., 2007). Na região Amazônica, a sumaúma tem sido encontrada desde solos de várzea até solos de terra firme, apresentando crescimento mais rápido na várzea, e crescimento mais lento e menor porte em terra firme (LOUREIRO, 1979).

Considerada a maior árvore da Amazônia, a sumaúma é uma árvore de grande porte, podendo atingir até 50 m de altura e 2 m de diâmetro, apresentando amplas sapopemas basais, com 80 a 160 cm de diâmetro (SOUZA et al., 2005). O fuste é reto, cilíndrico e não apresenta ramificações até cerca de 2/3 da altura. A casca tem cor verde-acinzentada e é revestida de acúleos, pontiagudos quando as plantas são juvenis, mas que depois tornam-se predominantemente cônicos (LORENZI, 2002).

A floração ocorre durante os meses de agosto a setembro, a espécie é decídua durante o florescimento, heliófita, desta maneira desenvolvendo-se bem a pleno sol,

mas pode ocorrer também em matas secundárias, apresentando comportamento de pioneira. Como é muito exigente em relação à quantidade de luz, a regeneração natural não é abundante, mesmo produzindo grande número de sementes (LORENZI, 2002; SANTOS, 2002).

Os frutos amadurecem de outubro a novembro. Produz madeira leve de cor esbranquiçada quando recém-cortada, que posteriormente altera para a cor castanha ou cinza, textura média, cheiro e gosto indistintos, sendo suscetível ao ataque de insetos e fungos (SOUZA et al., 1997).

### **3.3.5 Características gerais da Andiroba**

A Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), pertence à família Meliácea, é uma espécie de uso múltiplo, a madeira e o óleo extraído das sementes são dois dos produtos mais importantes, entre as espécies nativas da Amazônia, a madeira da andiroba é uma das mais estudadas, sendo considerada nobre e sucedânea do mogno (FERRAZ, 2003).

A *C. guianensis* possui boas características silviculturais, com alturas variando de 20 cm a 30 m e diâmetro de 50 cm a 120 cm, o fuste é reto, cilíndrico, a casca é grossa e amarga e desprende-se em placas, suas folhas são compostas, de 80 cm a 110 cm de comprimento, com 12 a 18 folíolos em tom verde-escuro e forma oval-oblonga e extremidade apical curta, textura macia, superfície plana e margens completas, medindo de 15 cm a 30 cm de comprimento (SOUZA et al., 2006).

Sua ocorrência se dá no sul da América Central, como também na Colômbia, Venezuela, Suriname, Guiana Francesa, Brasil, Peru, Paraguai e nas ilhas do Caribe. No Brasil, ocorre do nível do mar a até 350m de altitude, em toda a bacia Amazônica, tanto nas florestas de terra firme como nas florestas temporariamente alagadas (várzeas e igapós), ao longo dos rios e riachos e próximo aos manguezais (FERRAZ; CAMARGO, 2003).

### **3.4 Sistema radicular de espécies arbóreas**

As raízes influenciam nas características do solo, por meio da excreção de açúcares, ácidos orgânicos, compostos minerais de fósforo e potássio, contribuindo para a dissolução de substâncias minerais e para o desenvolvimento de microrganismos na rizosfera (CINTRA et al., 1999). Os sistemas radiculares, são responsáveis por inúmeras funções na sobrevivência das plantas, como exemplo a

primeira estrutura a emergir é a radícula, responsável por promover a fixação da plântula no solo e absorver água (RAVEN et al., 2001).

Segundo Lopes (2009), o desenvolvimento radicular é um processo muito complexo, controlado por características inerentes à própria planta e ao ambiente no qual ela se insere. As condições de um habitat, relativo a diversas variáveis como as inerentes ao solo, luminosidade, etc., selecionam as espécies vegetais que possuem maior tolerância às condições específicas de desenvolvimento (ANDRAE, 1978). De acordo com Larcher (2000), a partir do momento que se esgota as reservas das sementes as raízes passam a depender dos carboidratos assimilados através da parte aérea, os fotoassimilados das folhas inferiores são translocados para o sistema radicular, com isso, infere-se que todos os fatores ambientais que interferem na produção desses fotoassimilados vão influenciar no desenvolvimento do sistema radicular.

O hábito de crescimento radicular determina o volume de solo ocupado pelas raízes, sendo assim a densidade de raízes no solo está associada ao grau de exploração desse solo e a capacidade de eliminação ou dominação por espécies concorrentes (GONCALVES; MELLO, 2005). Nas florestas, menos de 20% da biomassa total está abaixo do solo, embora mais de 50% do carbono absorvido anualmente pelas plantas pode estar alocado abaixo do solo, cerca de 50 a 80% das raízes são encontradas nos primeiros 30 centímetros do solo (LOPES, 2009).

Os estudos envolvendo raízes são considerados trabalhosos e difíceis de serem realizadas, pelo fato de demandar tempo, mão de obra e normalmente envolverem escavações, porém o método de escavação de monólitos ainda é considerado por muitos pesquisadores, como método padrão, sendo o mais exato nas estimativas da quantidade de raízes, e muito útil em estudos sobre morfologia e distribuição de raízes finas no perfil do solo (BOHM, 1979).

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E. M. **Determinação do estoque de carbono em Teca (*Tectona grandis* L.F.) em diferentes idades**. 2005. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2005.
- ANDRAE, F. H. **Ecologia Florestal**. Santa Maria: Imprensa Universitária da UFSM, p. 230, 1978.
- ANDRADE, A. C. S.; SOUZA, A. F.; RAMOS, F. N.; PEREIRA, T. S.; CRUZ, A. P. M. Germinação de sementes de jenipapo: temperatura, substrato e morfologia do desenvolvimento pós-seminal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 609-615, Brasília, 2000.
- ANGELI, A.; STAPE, J. L. **Identificação de Espécies Florestais: *Tectona grandis* (Teca)**. Instituto de Pesquisas Florestais, 2003. Disponível em: <http://www.ipef.br/identificacao/tectona.grandis.asp>. Acesso em: 05 fev. 2019.
- BARBOSA, L. M.; BARBOSA, J. M.; BATISTA, E. A.; MANTOVANI, W.; VERONESE, S. A.; ANDREANI, R. Ensaio para estabelecimento de modelos para recuperação de áreas degradadas de matas ciliares, Mogi-Guaçu, SP. **Simpósio sobre mata ciliar**, n. 1., 1989.
- BARBOSA, V.; BARRETO, G. P.; GAMARODRIGUES, E.; PAULA, A. Biomassa, Carbono e Nitrogênio na serapilheira acumulada de Florestas Plantadas e Nativa. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.
- BASSO, S. **Biomassa, carbono e relação entre atributos químicos do solo e variáveis de produção da Teca**. 2016. 76 p. Dissertação de mestrado-Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati-PR. 2016.
- BOHM, W. **Methods of studying roots systems**. Berlin: Springer-Verlag, p. 188, 1979.
- CABIANCHI, G. M. **Ciclagem de nutrientes via serapilheira em fragmento ciliar do rio Urupá, Rondônia**. Dissertação de mestrado-Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2010.
- CALDEIRA, S. F.; OLIVEIRA, D. L. C. Desbaste seletivo em povoamentos de *Tectona grandis* com diferentes idades. **Acta amazônica**, v. 38, n. 2, p. 223-228, Manaus, 2008.
- CARVALHO, P. E. R. Mogno – *Swietenia macrophylla*. Embrapa. **Circular técnica**, 140, p. 12, Colombo, PR, 2007.
- CARVALHO, T. S.; DOMINGUES, E. P. Projeção de um cenário econômico e de desmatamento para a Amazônia Legal brasileira entre 2006-2030. **Nova Economia**, v. 26, n. 2, p. 585-621, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6351/2665>
- CIANCIARUSO, M. V.; PIRES, J. S. R.; DELITTI, W. B. C.; SILVA, E. F. L. P. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí. **Acta Botânica**, v. 20, n. 1, p. 49-59, Luiz Antônio, SP, Brasil, 2006.

CINTRA, F. L. D.; LIBARDI, P. L.; JORGE, L. A. C. **Distribuição do sistema radicular do citro em solo de tabuleiro costeiro**. In: Workshop sobre sistema radicular: Metodologias e Estudos de Casos. 1999, Aracajú. **Anais...** p.179-189.

CHAVES, E.; FONSECA, W. **Teca -*Tectona grandis* L.f. árbol de uso múltiple em América Central**. Informe técnico, 179, p. 47, Turriaba, CATIE, 1991.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação da serapilheira e ciclagem de nutrientes. **Genesis**, p. 197-225, Porto Alegre: 1999.

COSTA, C. C. A.; CAMACHO, R. G. V.; MACEDO, I. D.; SILVA, P. C. M. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na FLONA de Açú-RN. **Revista Árvore**, v. 34, n. 2, p 259-265, 2010.

DICK CW, B. E.; LEMES, M. R.; GRIBEL, R. **Extreme long-distance dispersal of the lowland tropical rainforest tree *Ceiba pentandra* L. in Africa and the Neotropics**. *Molecular Ecology*, 2007.

DUTTA, R. K.; AGRAWAL, M. Litterfall, litter decomposition and nutrient release in five exotic plant species planted on coal mine spoils. **Pedobiologia**, v. 45, n. 4, p. 298-312, 2001. <http://dx.doi.org/10.1078/0031-4056-00088>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Teca -*Tectona grandis*. Colombo**: Embrapa Florestas, PR, jul. 2004.

EPSTEIN, L. Cultivo e aproveitamento do jenipapo. **Bahia Agrícola**, v. 4, n. 3, p. 23-24, 2001.

FAO. Food and fruit-bearing forest species 3: examples from Latin America. **Rome**, v. 44, n. 3, p. 308, 1986.

FERRAZ, I. D. K. Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia. **INPA**, n. 1, Manaus, 2003. Versão on-line ISSN 1679-8058. Acessado em 10/03/2018.

FERRAZ, I. D. K.; CAMARGO, J. L. C. Andiroba, *Carapa guianensis* Aubl., *Carapa procera* D.C., Meliaceae. (Manual de sementes da Amazônia, 1), **INPA**, p. 6, Manaus, 2003.

FIGUEIREDO, R. W.; MAIA, G. A.; HOLANDA, L. F. F.; MONTEIRO, J. C. Características físicas e químicas do jenipapo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 421-428, 1986.

GODOY, S. G. M.; PAMPLONA, J. B. O protocolo de Kyoto e os países em desenvolvimento. **Pesquisa & debate**, SP, v.18, n. 2, p. 329-353, 2007.

GOMES, R. P. **Fruticultura brasileira**. 8.ed., p. 278-281, Nobel, São Paulo, 1982.

GONCALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M. O sistema radicular das arvores. In: Nutrição e fertilização de florestas. Piracicaba: **IPEF**, p. 221-267, 2005.

HERNÁNDEZ, J. M. L. **Producción de hojarasca y retorno potencial de nutrientes en três sítios de estado de Nuevo León**. 2014. 93f. Tese de Doutorado-Universidad de Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, México, 2014.

HOFHANSL, F.; KOBLE, J.; OFNER, J.; DRAGE, S.; POLZ, E.M.; WANEK, W. Sensitivity of tropical forest above ground productivity to climate anomalies. **Global Biogeochemic Cycles**, v. 28, p. 1437-1454, Costa Rica, 2014.

INKNOTTE, J.; MAFRA, A. L.; RIOS, P. D.; BARETTA, D.; VIEIRA, H. C. Deposição de serapilheira em reflorestamentos de eucalipto e florestas nativas nas regiões Planalto e Oeste do Estado de Santa Catarina. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 106, p. 261-270, SC, 2015.

KÖNIG, F. G.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; SELING, I. Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa floresta estacional decidual no município de Santa Maria. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 429-435, Viçosa, RS, 2002.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**: Rima Artes. São Carlos: Textos Editora, 2000.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas**: possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschbom: GmbH, p. 310, 1990.

LIMA JÚNIOR, M. J. V.; GALVÃO, M. S. **Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia**. Mogno *Swietenia macrophylla* King. Nº 8, 2005. Disponível em: <[http://www.inpa.gov.br/sementes/IT/8\\_Mogno.pdf](http://www.inpa.gov.br/sementes/IT/8_Mogno.pdf)>. Acesso em: 4 marc. 2019.

LIMA, J. S.; SATTLE, M. A.; PASSOS, R. R.; OLIVEIRA, P. C.; SOUZA, G. S. Variabilidade espacial de atributos físicos de um argissolo vermelho-amarelo sob pastagem e vegetação secundária em regeneração natural. **Engenharia Agrícola**, v. 29, p 185-195, 2009.

LOPES, V. G. **Quantificação das raízes finas em um povoamento de *Pinus taeda* L.** Dissertação de mestrado-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2009.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras: **Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Plantarum, 2. ed., v. 2, p. 384, Nova Odessa, SP, 2002.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: **Manual de identificação de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Plantarum, p. 365, São Paulo, 1992.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: **Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Instituto Plantarum, v. 1, Nova Odessa, SP, 1996.

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F.; ALENCAR, J. C. Essências madeireiras da Amazônia. **INPA**. 125p. 1979.

MELO, J. T. de. Reflorestamento e retorno de nutrientes para o solo em área de cerrado. **Jornal Agrosoft**. Planaltina, DF, dez., 2006.

OLSON, J. L. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v. 44, n. 2, p. 322-331, 1963.

PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; DIAS, H. C. T. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual na Reserva Mata do Paraíso. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 545-556, Viçosa, MG, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000300015>.

PANDEY, D.; BROWN, C. Teak: a global overview. **Unasyiva**, v. 51, n. 201, p. 3-13, 2000.

PEDRO, C. M. **Aporte e decomposição de serapilheira em um fragmento de cerrado sensu stricto**. 2017. 42 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2017.

PIRES, L. A.; BRITEZ, R. M.; MARTEL, G.; PAGANO, S. N. Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel. **Acta Botânica Brasílica** V. 20, n. 1, p. 173-184, Paranaguá, PR, Brasil, 2006.

RAVEN, H. P.; EVERT, F. R.; EICHHORN, E. S. **Biologia vegetal**, Guanabara Koogan, 6.ed., p. 906, Rio de Janeiro, 2001.

RIBEIRO, J. E. Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. **INPA**. Manaus, AM, p. 375, 1999.

ROSA, T. F. D.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; SILVA, R. G. Concentração e acúmulo de nutrientes em povoamentos de teca no estado de Mato Grosso. **CERNE**, v. 21, n.1, p. 51-57, Brasil, 2015.

SAMPAIO, F. A. R.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M. Balanço de nutrientes e da fitomassa em um Argissolo Amarelo sob floresta tropical amazônica após a queima e cultivo com arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, 2003.

SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Produção de serapilheira na caatinga da região semiárida do Rio Grande do Norte. **IDESIA**, v. 29, n. 2, p. 87-94, Brasil, 2011.

SANTOS, S. H. M. dos. **Recomendações técnicas - Sumaúma (*Ceiba pentandra* L. Gaertn.) - Família Bombacaceae**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2002.

SCHEER, M. B. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em um trecho de floresta ombrófila densa aluvial em regeneração, Guaraqueçaba. **Revista Floresta**, v. 38, n. 2, p. 253-266, 2008.

SCHUMACHER, M. V. et al. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucária angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 29-37, Viçosa, MG, 2004.

SILVA, C. J.; LOBO, F.A.; BLEICH, M. E.; SANCHES, L. Contribuição de folhas na formação da serapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 3, p. 591-600, set. 2009.

- SILVA, C. J.; LOBO, F. A.; BLEICH, M. E.; SANCHES L. Produção de serapilheira no Cerrado e na floresta de transição Amazônia-Cerrado do Centro Oeste brasileiro. **Ácta Amazônica**, v. 37, n. 4, p. 543-548, Manaus, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672007000400009>.
- SILVA, R. M.; COSTA, J. M. N.; RUIVO, M. L. P.; COSTA, C. L.; ALMEIDA, S. S. Influência de variáveis meteorológicas na produção de liteira na Estação Científica Ferreira Penna. **Ácta Amazônica**, v. 39, n. 3, p.573-582, Caxiuanã, PA, 2009.
- SOUZA, C. R.; DE LIMA, R. M. B.; AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B. **Sumaúma *Ceiba pentandra* L.** Embrapa Amazônia Ocidental, p. 22, Manaus, 2005.
- SOUZA, C. R.; DE LIMA, R. M. B.; AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B. **Andiroba - *Carapa guianensis* Aubl.** Embrapa Amazônia Ocidental, p. 21, Manaus, 2006.
- SOUZA, M. H. de.; MAGLIANO, M. M.; CAMARGOS, J. A. A. Madeiras tropicais brasileiras. **IBAMA/DITEC**, p. 152, Brasília,1997.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems.** Press Berkeley, University of California, p. 372, 1979.
- VALERI, S. V.; PUERTA, R.; CRUZ, M. C. P. Efeitos do fósforo do solo no desenvolvimento inicial de *Genipa americana* L. **Scientia Florestalis**, v. 64, n. 1, p. 69-77, 2003.
- VILLA, E. B.; PEREIRA, M. G.; 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, Seropédica, 2016.
- VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma Floresta Estacional Semidecidual em Zona Ripária. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.
- WARING, R. H.; SCHLESINGER, W. H. **Decomposition and forest soil development.** Academic Press, p. 340-365, New York, 1985.
- WEAVER, P. L. *Tectona grandis* L. f. Teak. New Orleans, LA: US. **Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station**, p. 18, 1993.
- WERNECK, M. S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. F. Produção de serapilheira em trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na estação Ecológica do Tripuí. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 2, p. 195-198, Ouro Preto, Belo Horizonte, MG, 2001.

## CAPÍTULO II – PRODUÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA EM ÁREAS DE REFLORESTAMENTO E FLORESTA NATIVA NA MESORREGIÃO SUL AMAZONENSE

### 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 coleta 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 3/4", 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 com maior média anual foi de 8,03 Mg há<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.

## CHAPTER II – PRODUCTION AND DECOMPOSITION OF BURLAP IN REFORESTATION AND NATIVE FOREST AREAS IN THE SOUTH AMAZONIAN MESOREGION

### 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  $\frac{3}{4}$  "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. The litter production with annual average was 8.03 There mg-1 yr-1, for native forest environment (NF), 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-1day) 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.

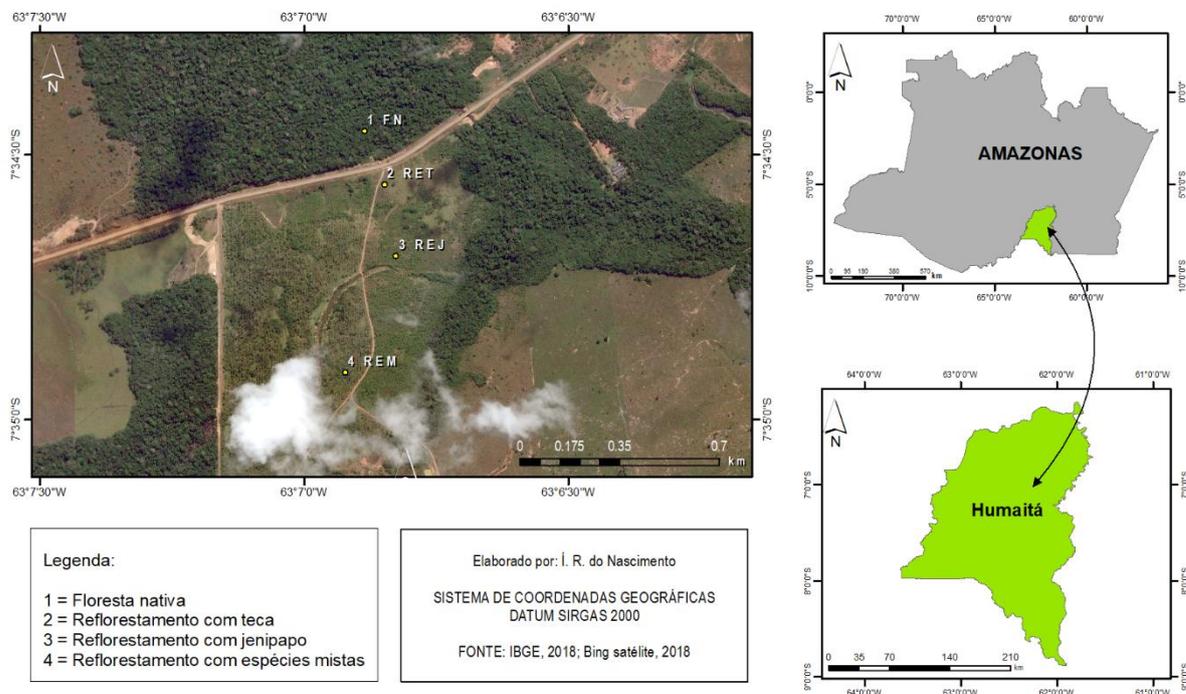
O estudo de indicadores de sustentabilidade, bem como os fatores que envolvem os processos de deposição, decomposição e transferência de nutrientes das serapilheiras são fatores importantes, no monitoramento dos sistemas agrícolas, tendo em vista que nos dias atuais busca-se o uso sustentável dos recursos naturais (GUIMARÃES et al., 2010). Diante do exposto, objetivou-se 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  $07^{\circ}34'27''$  S e  $63^{\circ}06'53''$  W, altitude de 57m, o ambiente de florestamento com Teca (*Tectona grandis* L.) está localizado nas coordenadas geográficas  $07^{\circ}34'33''$  S e  $63^{\circ}06'51''$  W, altitude de 58 m, o ambiente de reflorestamento com Jenipapo (*Genipa americana* L.) está localizado nas coordenadas geográficas  $07^{\circ}34'41''$  S e  $63^{\circ}06'49''$  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**

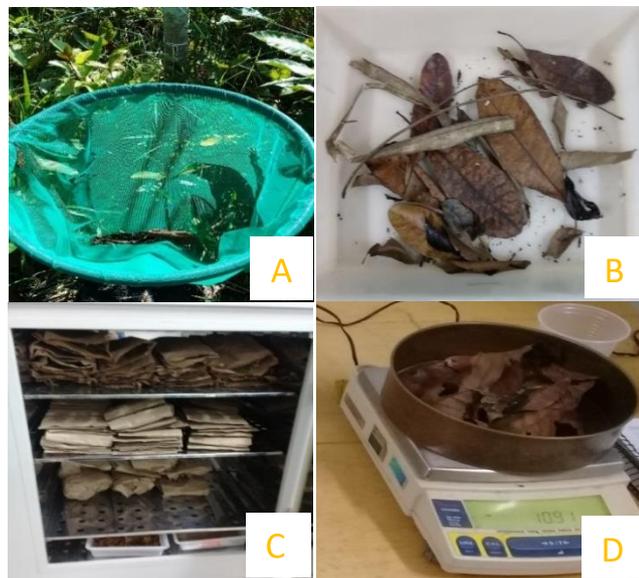
O ambiente de floresta nativa onde se realizou o presente estudo é considerada uma área intacta, com aproximadamente 50 km<sup>2</sup> de extensão de muita biodiversidade de espécies, composta por floresta, cerrado e cerradão, preservada pelo Exército Brasileiro (EB), não havendo presença de atividades 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 ¾", 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 abril 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):

$$PAS = (\sum PSMX10.000)/Ac \quad (1)$$

Em que: PAS é a produção anual de serapilheira ( $Mg \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), PSM é a produção mensal de serapilheira ( $Mg \text{ ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ ), 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).

$$\% R = (Pr/P_0) X 100 \quad (2)$$

Onde, R é o percentual de massa remanescente; P<sub>o</sub> é o peso seco inicial do folheto; P<sub>r</sub> 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):

$$X_t = X_0 \cdot e^{-Kt} \quad (3)$$

Em que:

X<sub>t</sub> = peso do material remanescente após t dias;

X<sub>0</sub> = 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<sub>1/2</sub>) 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<sub>1/2</sub> = Tempo de meia vida;

ln(2) = Logaritmo neperiano de base dois;

K = Constante de decomposição.

## 2.5 Análises estatísticas dos dados

Os dados foram tabulados 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, pelo uso do aplicativo computacional SPSS statisticis, versão 23.0.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 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).

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

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

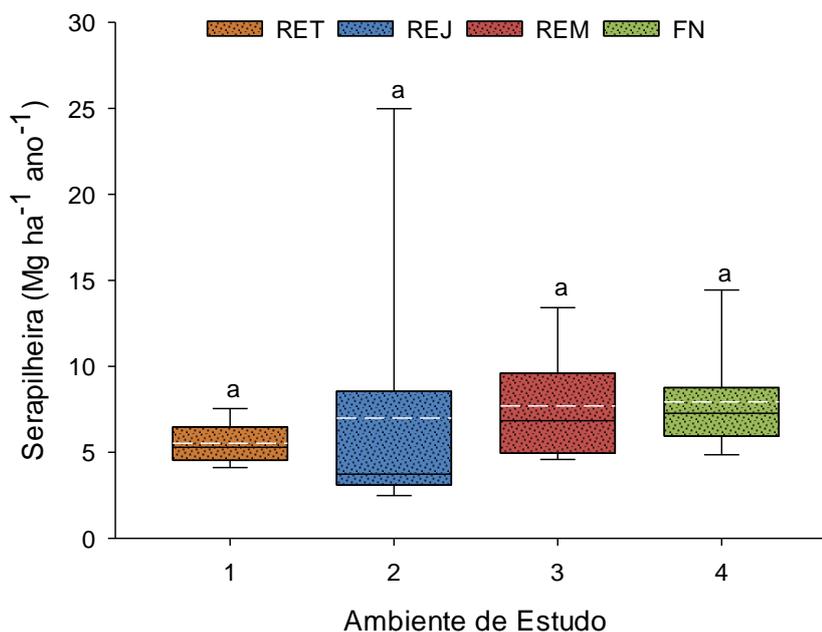
Médias de dez repetições. Valores com a mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância; RET= reflorestamento com teca; REJ= reflorestamento com jenipapo; REM= reflorestamento com espécies mistas; FN= floresta nativa.

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. 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 na ordem de 8,34 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> foram encontrados por Ruezzene et al. (2017), ao estudar Influência das variáveis micrometeorológicas na produção de serapilheira foliar em uma área de floresta, Amazônia Ocidental, corroborando assim com os resultados encontrados nesse estudo. Outros autores como: Almeida et al. (2015), encontrou valores de produção de serapilheira anual na ordem de 8,59 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, 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 leve aumento na produção de serapilheira em ambientes de FN, (Figura 4), pode estar associada a grande diversidade de espécies, bem como comportamentos fisiológicos, morfológicos e sazonais distintos e um maior adensamento entre plantas por m<sup>2</sup>, apresentando maior fechamento de copa. Ourique (2016) que analisou 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 queda e o fechamento do dossel, refletindo na estrutura da floresta e na diversidade de espécies.

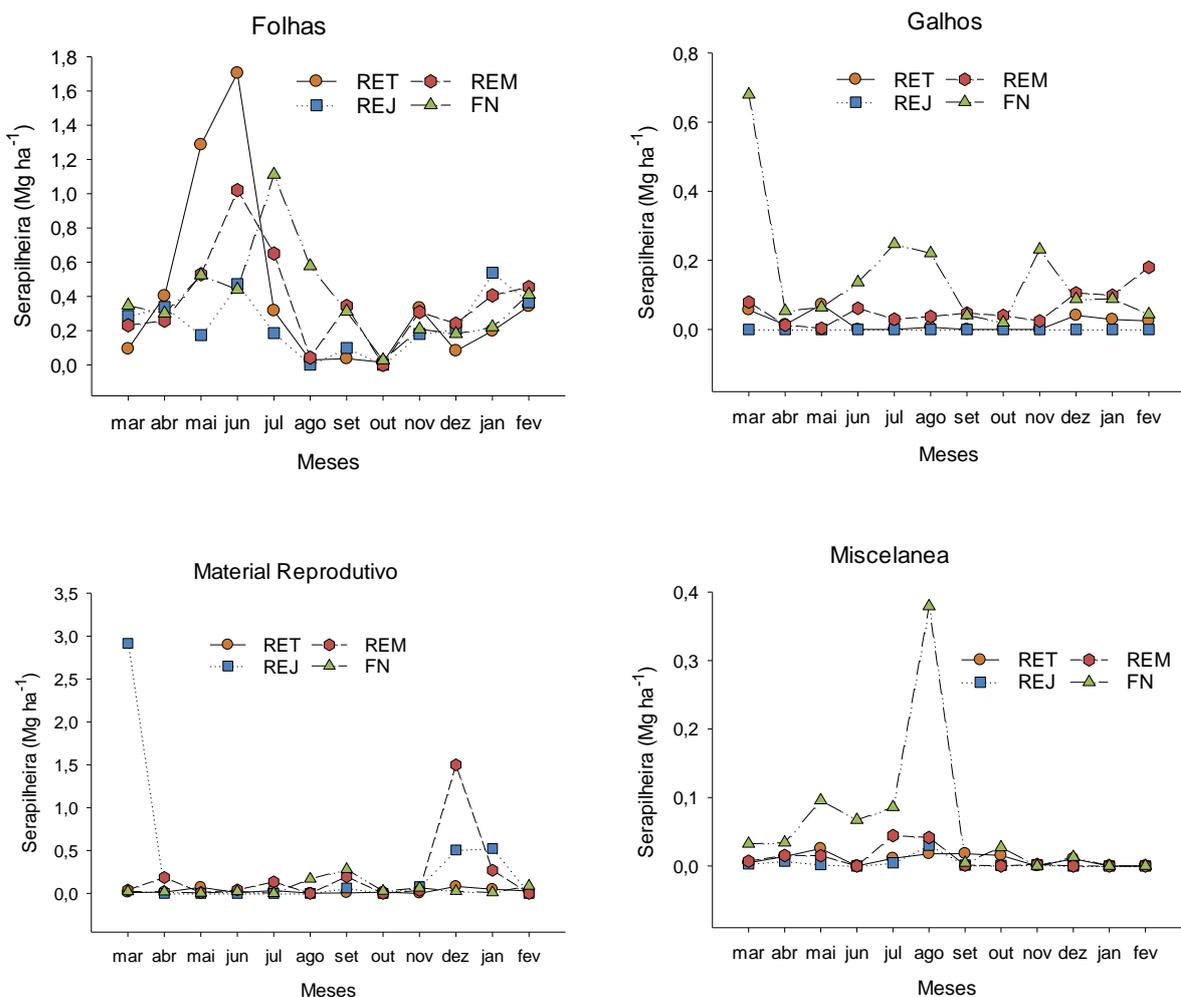


**Figura 4.** Média anual da produção serapilheira nas diferentes áreas de estudo. Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey ao nível 5%. Linha tracejada representa a média e contínua a mediana.

Os ambientes manejados com reflorestamento, apresentaram pequena variação na produção total de serapilheira, em comparação ao ambiente de floresta nativa no ano, fato que pode ser explicado por se tratar de um plantio homogêneo e pelo maior espaçamento entre plantas, dificultando o fechamento do dossel.

Segundo Villa et al. (2016), o aporte de serapilheira anual varia em resposta a diferentes espaçamentos em área reflorestada, menores espaçamentos, apresentam maior fechamento de copa, conseqüentemente maior desrama natural implicando em maiores valores de produção de serapilheira.

Observando o comportamento da serapilheira por frações em função da sazonalidade, período seco (maio a setembro) e chuvoso (novembro a março), verificou-se que os maiores valores de aporte da fração foliar ocorreram no período seco no mês de julho para área de FN, com média em torno de  $1,11 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ , conforme (Figura 5).



**Figura 5.** Comportamento da fração da serapilheira nas diferentes áreas de estudo.

Nos ambientes manejados a maior produção foi observada no mês de junho para RET, com média em torno de  $1,70 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ . Esse fato tem relação com o período de maior déficit hídrico, acarretando a perda total das folhas, pois trata-se de um plantio homogêneo de espécie totalmente caducifólia. As plantas quando perdem totalmente as folhas (caducifólia) ou parcialmente (semicaducifólia), para evitar a perda de água por transpiração, resultam em considerável aumento na produção de serapilheira (SILVA et al., 2016). Outra hipótese para o aumento da produção de serapilheira 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 mais velhos. O ressecamento e morte dos galhos finos durante o período seco 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.

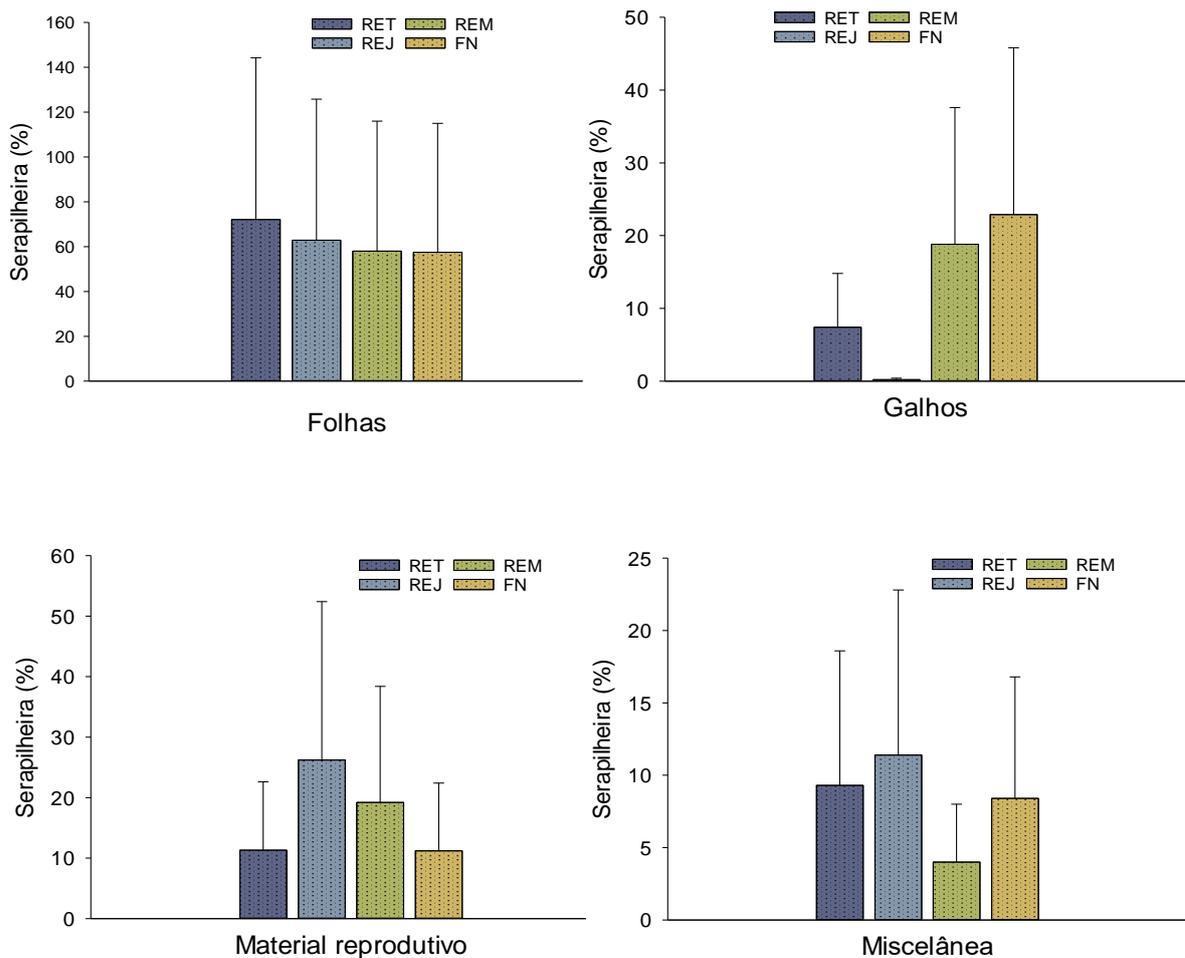
O período de menor déficit hídrico, caracterizado como período chuvoso, obteve uma maior produção de material reprodutivo, com valores na ordem  $2,92 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  em março para REJ e  $1,49 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  em dezembro para REM. Esses resultados mostram 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 observado pode estar ligado à adaptação de muitas espécies à sazonalidade climática local, com florescimento ou frutificação ocorrendo no final da estação seca e início da estação chuvosa, contribuindo para condições mais propícias à germinação das sementes e ao desenvolvimento de plântulas (MUNIZ 2008). Já a maior produção de material reprodutivo em ambiente de FN ocorreu no mês de setembro com média de  $0,28 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ .

Sanches (2009), constatou com o estudo da dinâmica sazonal da produção e decomposição de serapilheira em floresta tropical de transição, que a deposição de flores ocorreu somente nos meses de dezembro e janeiro (estação úmida) e a deposição de frutos não apresentaram tendência com relação às condições

climáticas, inferindo que sua deposição tão somente depende da estratégia de dispersão adotada pela espécie para sua reprodução e não estar em função das variações microclimática. Analisando ainda o comportamento das frações da serapilheira, por fim temos a 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 6). 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 6.** 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 com 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).

Para cada fração analisada houve um ambiente que se destacou na comparação com os demais ambientes, ao longo de um período de 12 meses. Na fração galho se destacou o ambiente de FN com 22,9% do total de serapilheira no ano, chegando a atingir um percentual de aproximadamente 63% no mês de março, conforme (Tabela 2), época considerada chuvosa na região. O material reprodutivo com 26,2% para o ambiente de REJ e miscelânea com 11,4% para o ambiente de REJ.

**Tabela 2.** Percentual da fração da serapilheira em áreas de reflorestamento e floresta nativa, período março 2018 – fevereiro 2019.

Mês	Folhas				Galhos				Mat. Reprodutivo				Miscelânea			
	RET	REJ	REM	FN	RET	REJ	REM	FN	RET	REJ	REM	FN	RET	REJ	REM	FN
Mar	56,5	8,9	64,7	32,1	34,1	0,0	22,1	62,9	6,5	91,0	11,2	2,0	2,9	0,1	2,0	3,0
Abr	90,4	97,9	54,7	74,0	3,1	0,0	2,7	13,0	3,4	0,0	39,3	4,6	3,1	2,1	3,3	8,4
Mai	88,3	100	95,0	76,2	4,9	0,0	0,6	9,2	5,0	0,0	1,8	0,6	1,8	1,2	2,7	13,9
Jun	99,2	100	90,9	66,1	0,0	0,0	5,4	20,4	0,5	0,0	3,7	3,4	0,0	0,0	0,0	10,1
Jul	87,6	97,5	75,7	77,0	0,0	0,0	3,4	17,1	9,4	0,0	15,7	0,0	3,1	2,4	5,2	5,9
Ago	52,2	6,0	35,3	42,9	11,0	0,0	30,5	16,4	5,2	0,0	0,0	12,6	31,7	94,1	34,2	28,2
Set	61,1	60,2	58,6	48,8	0,0	0,0	8,0	6,4	8,9	38,9	33,2	44,1	30,2	0,9	0,2	0,7
Out	33,4	34,9	0,0	26,9	0,0	0,0	100	19,3	33,4	34,9	0,0	26,9	33,4	34,9	0,0	26,9
Nov	100	69,2	83,4	41,4	0,0	0,0	6,7	46,0	0,0	30,1	9,3	12,6	0,0	0,7	0,7	0,0
Dez	38,2	29,3	13,1	58,9	18,8	0,0	5,7	28,4	38,1	70,7	81,2	8,5	4,9	0,0	0,0	4,1
Jan	71,9	50,7	52,4	69,3	10,4	0,0	12,8	27,5	17,7	49,3	34,9	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Fev	86,6	100	71,7	76,1	6,2	0,0	28,3	8,1	7,2	0,0	0,0	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Média	72,1	62,9	58,0	57,5	7,4	0,0	18,8	22,9	11,3	26,2	19,2	11,2	9,3	11,4	4,0	8,4

RET= reflorestamento com teca; REJ= reflorestamento com jenipapo; REM= reflorestamento com espécies mistas; FN= floresta nativa.

### 3.2 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 3).

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, fato que pode ter correlação com a qualidade do material formador de serapilheira, maior presença de organismos decompositores e relevo acidentado, favorecendo maior acúmulo de umidade no solo.

Os maiores picos de decomposição, conseqüentemente maiores percentuais de perda de massa em relação ao mesmo período do mês anterior, 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 considerado chuvoso para a região.

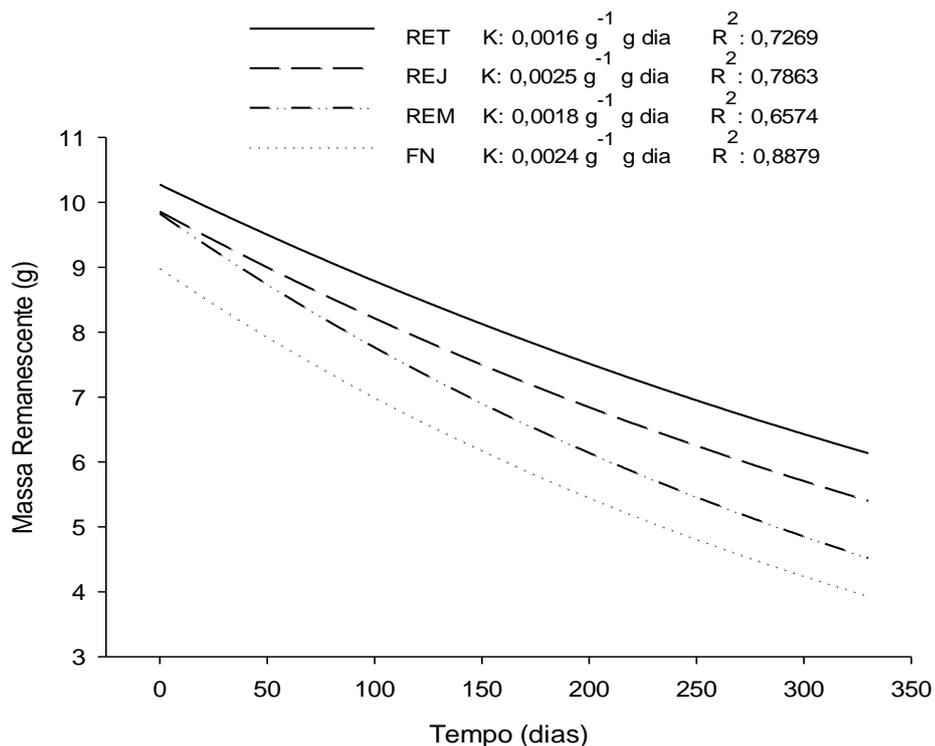
**Tabela 3.** Percentual remanescente da fração foliar da serapilheira nas coberturas florestais de estudo, Humaitá-AM.

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.

A estação úmida proporciona condições favoráveis aos organismos decompositores, tanto de microdecompositores como de insetos maiores que degradam a serapilheira, estimulando o crescimento de raízes superficiais, que penetram no material foliar que compõem as coberturas florestais (BACKES et al., 1998).

Na figura 7, estão representadas as curvas de regressão que representam o comportamento da serapilheira foliar em função do tempo nos diferentes ambientes de estudo, foram confeccionadas com base em modelo matemático exponencial, apresentando índice de regressão entre 0,66 a 0,89. Segundo Cianciaruso et al. (2006), o modelo de curva exponencial explica que a decomposição não é constante ao longo do tempo, estando ligada a diversos fatores, físico-químicos e ambientais do material.



**Figura 7.** Curvas de decomposição da serapilheira nas diferentes áreas de estudo.

A taxa de decomposição ( $k$ ) apresentou maiores valores para a serapilheira do ambiente de REJ ( $0,0025 \text{ g g}^{-1}\text{dia}$ ), seguido da FN ( $0,0024 \text{ g g}^{-1}\text{dia}$ ), REM ( $0,0018 \text{ g g}^{-1}\text{dia}$ ) e do RET ( $0,0016 \text{ g g}^{-1}\text{dia}$ ) e tempo estimado para decompor 50 % do total do material ( $t_{1/2}$  dias), com valores de 277,26 dias; 288,81 dias; 385,08 dias e 433,20 dias, respectivamente (Tabela 4).

Uma possível explicação para o valor de  $k$  (0,0025) obtido na área de REJ, pode ser atribuída às características do material de serapilheira, diferentemente dos demais as folhas do jenipapo aparentavam ser mais tenras, podendo facilitar a ação dos organismos decompositores, outra explicação seria baixos teores de lignina e tanino presentes na serapilheira. A lignina deixa a serapilheira mais resistente, dificultando a decomposição por microrganismos, e o tanino atua na palatabilidade da serapilheira, deixando pouco ou mais palatável (CORREA; ANDRADE, 1999).

Os valores obtidos para os coeficientes ( $k$ ) corroboram aos observados para outras formações florestais brasileiras. 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  $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{dia}$ ), seguido da floresta nativa (0,0023  $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{dia}$ ) e do plantio de espécies nativas (0,0019  $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{dia}$ ) e tempo de meia vida na ordem de 301,37 dias, 364,81 dias, e 210,04 dias.

**Tabela 4.** Valores de constante de decomposição ( $K$ ) e tempo de meia vida ( $t_{1/2}$ ) da serapilheira nos diferentes ambientes de estudo.

Parâmetros	Áreas de estudo			
	RET	REJ	REM	FN
$P_0$ (g)	10,00	10,00	10,00	10,00
$R^2$	0,726*	0,786*	0,657*	0,887*
EPE	0,39	0,42	0,51	0,30
$k$ ( $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{dia}$ )	0,0016	0,0025	0,0018	0,0024
$t_{1/2}$ (dias)	433,20	277,26	385,08	288,81

$P_0$  = massa inicial;  $k$  = constante da decomposição;  $R^2$  = coeficiente de determinação do ajuste para a estimativa do  $k$ ; EPE = Erro padrão da estimativa de  $k$ ;  $t_{1/2}$  = tempo de meia-vida do folheto; \* $p < 0,0001$ .

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

#### 4 CONCLUSÕES

A produção média anual de serapilheira no ambiente de floresta nativa foi estatisticamente igual ao observado no ambiente de reflorestamento. O maior estoque mensal de serapilheira na (FN) e (RET) ocorreram no período seco, muito decorrente da deposição foliar, enquanto que os maiores estoques mensais para o (REJ) e (REM) ocorreram no período chuvoso, coincidindo com a deposição de frutos. 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 ( $0,0025 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}$ ) 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 ( $0,0024 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}$ ), sendo necessários 288,81 dias para decompor metade do material foliar.

Já a decomposição mais lenta ( $0,0016 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}$ ) ocorreu na área de reflorestamento com teca (RET), sendo necessários 433 dias para decompor metade do material foliar, seguida por ( $0,0018 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}$ ) para (REM), sendo necessários 385 dias para decompor metade do material foliar.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E. J.; LUIZÃO, F.; RODRIGUES, D. de J. 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**, v. 45, n. 2, p. 157-166, 2015.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GOLÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-718, 2014.
- AQUININO, P. S. R.; NAPPO, M. E.; RODRIGUES, M. S.; PEREIRA, I. M.; MATRICARDI, E. A. T.; PELÁ, G. M. Análise espacial da produtividade de serapilheira em uma mata de galeria. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 489-500, abr.-jun., 2016.
- BACKES, A.; FERNANDES, A. V.; ZENI, D. J. Produção de serapilheira em uma floresta com *Araucaria angustifolia* no Sul do Brasil. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 247-259. 1998.
- CIANCIARUSO, M. V.; PIRES, J. S. R.; DELITTI, W. B. C.; SILVA, E. F. L. P. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 49-59, jan.-mar. 2006.
- CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: **Genesis**; 1999.
- 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.
- GARTNER, T. B.; CARDON, Z. G. Decomposition dynamics in mixed-species leaf litter. **Oikos Journal**, v.104, n. 2, p. 230-246, 2004.
- 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.
- GUIMARÃES, A. K. V.; PINTO, J. C.; FORTES, C. A. Acúmulo e decomposição de serapilheira em ecossistema de pastagem. v.4, n. 3, Ed. 108, Art. 725, 2010.
- GUO, L. B.; SIMS, R. E. H. Litter decomposition and nutriente release via litter decomposition in New Zealand eucalypt short rotation forests. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 75, p. 133-140, 1999. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00069-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00069-9)
- 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.

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.

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.

MARTIN, G. C.; FERREIRA, M. M.; CURTI, N.; VITORINO, A. C. T. Campos nativos e matas adjacentes da região de Humaitá-AM: atributos diferenciais dos solos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 221-227, mar.-abr., 2006.

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

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, jul.-set. 2015.

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.

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.

RUEZZENE, C. B.; NASCIMENTO, J. S. M.; VENTURA, D. J.; AGUIAR, R. G.; ARAUJO, A. C. Influência das variáveis micrometeorológicas na Produção de serapilheira foliar em uma área de floresta, Amazônia Ocidental. **X Workshop Brasileiro de Micrometeorologia**, Santa Maria-RS, 8-10 de novembro de 2017.

SANCHES, L.; VALENTINI, C. M. A.; BIURDES, M. S.; NOGUEIRA, J. S. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serapilheira em floresta tropical de transição. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 2, p. 183-189, 2009.

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, 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.

VIEIRA, I. C. G.; DA SILVA, J. M. C.; TOLEDO, P. M. Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 54, p. 153-164. 2005.

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.

### CAPITULOIII- QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA RADICULAR E VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO EM ÁREAS DE REFLORESTAMENTO E FLORESTA NATIVA NA MESORREGIÃO SUL AMAZONENSE

#### RESUMO

Os ecossistemas florestais exercem um importante papel na captação de recursos naturais, uma das suas características é a biodiversidade de espécies, tanto vegetais como animais. A produção de biomassa tem uma participação efetiva na regulação dos processos físicos e químicos que ocorrem nas camadas abaixo do solo nos mais diferentes ambientes de florestas. As remoções dessas florestas para dar lugar a empreendimentos econômicos dos mais diversos seguimentos, podem colocar em risco o equilíbrio desses ecossistemas. Diante do exposto o objetivo desse estudo foi quantificar a biomassa, observar o comportamento e a densidade de raízes  $\leq 2$  mm, atribuído a características químicas do solo nos diferentes ambientes de estudo. O estudo foi desenvolvido em ambientes de floresta nativa e reflorestamento, localizado no município de Humaitá- AM. As áreas de estudo foram divididas em quatro parcelas distintas, sendo uma área de floresta nativa (FN), uma de reflorestamento com *Tectona grandis* L. (RET), com espaçamento médio (3x3), uma de reflorestamento com *Genipa americana* L. (REJ), com espaçamento médio (3x3) e outra de reflorestamento composta por *Swietenia macrophylla* King.; *Carapa guianensis* Aubl.; *Genipa americana* L.; *Tectona grandis* L.; *Ceiba pentandra* (REM), com espaçamento médio (4x3). 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), 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. Para coleta de solo, foram delimitadas em cada área de estudo quatro parcelas, sendo coletadas amostras deformadas de solo em três profundidades diferentes, 0-5 cm; 5-15 cm e 15-30 cm. A maior quantidade de biomassa de raízes finas, somando-se as três profundidades do solo foi encontrada nos ambientes de floresta nativa (FN), com  $8191,50 \text{ kg ha}^{-1}$ , correspondente ao período chuvoso, decrescendo conforme aumenta a profundidade, com maior valor encontrado de densidade de raízes de  $8,1997 \text{ g/dm}^{-3}$ , na camada de 0-5 cm, para (FN), correspondente ao período chuvoso. O carbono orgânico do solo (COS) variou de  $19,47 \text{ g kg}^{-1}$  (FN) a  $14,62 \text{ g kg}^{-1}$  (RET), para coleta em janeiro. Já a matéria orgânica (MOS) variou de  $33,57 \text{ g kg}^{-1}$  (FN) a  $25,20 \text{ g ha}^{-1}$  (RET) no mesmo período de coleta. Infere-se que as florestas naturais se mostraram mais eficientes na produção de biomassa de raízes finas e no incremento dos compostos orgânicos do solo.

**Palavras – chave:** Sistemas florestais, Raízes finas, Carbono orgânico, monólitos.

## CHAPTER III- QUANTIFICATION ROOT BIOMASS AND VARIABLE CHEMICAL SOIL IN REFORESTATION AREAS AND NATIVE FOREST IN SOUTH MESOREGION AMAZON

### ABSTRACT

Forest ecosystems play an important role in capturing natural resources, one of their characteristics being the biodiversity of both plant and animal species. Biomass production plays an effective role in regulating the physical and chemical processes that occur in the below ground layers in the most diverse forest environments. The removal of these forests to make way for economic enterprises of the most diverse segments, may endanger the balance of these ecosystems. In this light the objective of this study was quantifying the biomass, to observe the behavior and root density  $\leq 2$  mm, attributed to soil chemical properties in different environments of study. The study was developed in native reforestation and forest environments, located in the municipality Humaitá- AM. The study areas have been divided into four distinct parts, one forest area (NF), a reforestation with *Tectona grandis* L. (RET), with an average spacing (3x3), a reforestation with *Genipa americana* L. (REJ) with average spacing (3x3) and another consisting of reforestation *Swietenia macrophylla* King.; *Carapa guianensis* Aubl.; *Genipa Americana* L.; *Tectona grandis* L.; *Ceiba pentandra* (REM), with an average spacing (4x3). For evaluation of root biomass ( $\leq 2$  mm) samples were carried out in two periods of the year: dry, corresponding to (June 2018) and rainy corresponding to (January 2019), proceeded to the opening of the trenches, in which adopted is a distance from the plant base approximately 0.80 meters, collecting samples with the aid of a steel cylinder 10 cm high and 7 cm in diameter at depths of 0-5, 5-15 and 15-30 cm, thus constituting three replicates per depth of field. For soil collection were enclosed in each study area four installments being deformed soil samples collected at three different depths, 0-5 cm; 5-5 cm and 15-30 cm. The highest amount of biomass of fine roots, adding to the three depths of soil found in the native forest environments (NF) with 8191.50 the 0-5, 5-15 and 15-30 cm, thus constituting three replicates per depth of field. For soil collection were enclosed in each study area four installments being deformed soil samples collected at three different depths, 0-5 cm; 5-15 cm and 15-30 cm. The highest amount of biomass of fine roots, adding to the three depths of soil found in the native forest environments (NF) with 8191.50 the 0-5, 5-15 and 15-30 cm, thus constituting three replicates per depth of field. For soil collection were enclosed in each study area four installments being deformed soil samples collected at three different depths, 0-5 cm; 5-5 cm and 15-30 cm. The highest amount of biomass of fine roots, adding to the three depths of soil found in the native forest environments (NF) with 8191.50kg ha<sup>-1</sup>, corresponding to the rainy season, decreasing with increasing depth, with a highest value found roots density 8.1997 g / dm<sup>3</sup>, in the 0-5 cm layer for (NF) corresponding to the rainy season. The soil organic carbon (SOC) ranged from 19.47 g kg<sup>-1</sup> (FN) to 14.62 g kg<sup>-1</sup> (RET), for collection in January. Since the organic matter (SOM) ranged from 33.57 g kg<sup>-1</sup> (NF) to 25.20 g ha<sup>-1</sup> (RET) in the same sampling period. It is inferred that the natural forests are more efficient in producing fine root biomass and increased soil organic compounds.

**Keywords:** Forest systems, Fine roots, Organic carbon, Monoliths.

## 1 INTRODUÇÃO

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.

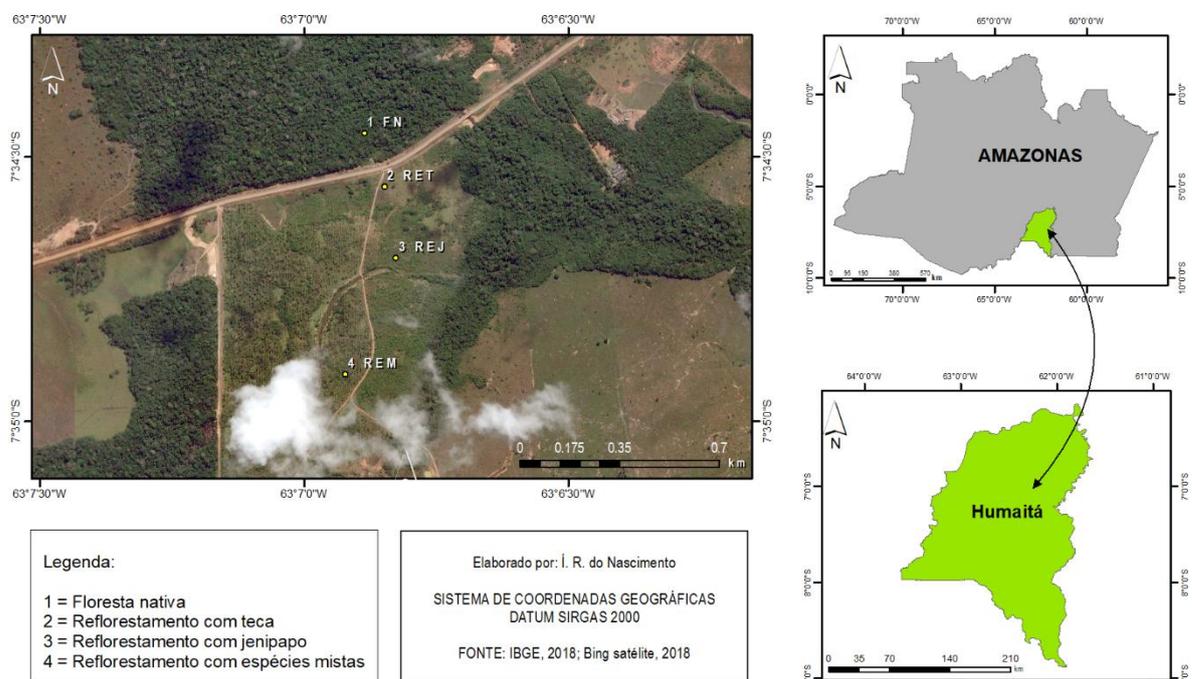
A biomassa de raízes tem uma participação efetiva nos processos que ocorrem abaixo do solo em ecossistemas, pois sua rápida renovação contribui de forma marcante nas adições de matéria orgânica no solo, tendo importante função reguladora no ciclo do carbono e nitrogênio em ecossistemas florestais (MENEZES 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.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido em ambientes de floresta nativa e reflorestamento, localizado no município de Humaitá-AM, classificado como mesorregião Sul Amazonense (Figura 1). 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.

As áreas de estudo foram divididas em quatro parcelas 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, mogno e sumaúma (REM), com espaçamento médio (4x3).

O ambiente de floresta nativa 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 da área de estudo**

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 muitas biodiversidades de espécies, 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 do capim.

## **2.1 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 micrômetros respectivamente, após a lavagem das raízes efetivas ( $\leq 2$  mm), as mesmas foram levadas para estufa de circulação por 72 horas, (Figura 2).



**Figura 2.** Abertura de trincheira (A); Lavagem das raízes (B); Separação (C); Secagem (D)

**Fonte:** O Autor.

Posterior à secagem, com auxílio de uma pinça, foram pesadas em balança analítica com 0,0001 g de precisão para determinação da biomassa. Para calcular DRS foi utilizada a expressão (1):

$$DRS = \frac{MS}{VM} \quad (1)$$

Onde:

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

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

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

Para estimar a Biomassa de Raízes Finas  $\leq 2$  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 (2), segundo Vogt et al., (1998) e utilizado por Mendes (2018).

$$BRF = \frac{MS}{AC} \quad (2)$$

Onde:

BRF = Biomassa de raízes finas;

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

ACi = área em metros quadrados (m<sup>2</sup>) do cilindro coletor.

## 2.2 Variáveis químicas do solo

As coletas de amostras de solo para posterior análise química foram realizadas em dois períodos do ano: seco (junho de 2018) e chuvoso (janeiro de 2019). Foram delimitadas em cada área de estudo quatro parcelas, sendo coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo em três profundidades diferentes, 0,00-0,05 cm; 0,05-0,15 cm e 0,15-30 cm, as amostras indeformadas foram coletadas com auxílio de anéis volumétricos de 4,0 cm de altura por 5,0 cm de diâmetro. Após o solo ter passado por processo de secagem a sombra, caracterizando uma Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), usou-se um conjunto de peneiras sobrepostas de 9,51 mm, 4,76 mm e 2,00 mm de malha, separando o material proveniente da peneira de 4,76 mm para eventual análise de agregados (análises físicas) e o material a ser peneirado numa peneira de malha de 2 mm para as análises químicas segundo a metodologia proposta por Teixeira et al. (2017).

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), conforme a fórmula (3) segundo (TEIXEIRA, et al.,2017).

$$Corg = \frac{0,003 \times Vd \times (40 - Va) \times 40 \div Vb \times 10}{m}$$

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.

A matéria orgânica nas diferentes áreas de estudo foi estimada, usando um fator de conversão de 1,724 multiplicado pelo produto do COS, enfatizamos que não se realizou análise de matéria orgânica em laboratório, apenas apresentaremos os valores a título de informação.

### 2.3 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 statisticis 23.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Quantificação de biomassa de raízes finas

Os resultados obtidos correspondentes ao período seco (junho), na profundidade de 0,00-0,05 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 (Tabela1).

**Tabela 1.** Biomassa de raízes finas nos diferentes ambientes de estudo, Humaitá-AM.

Áreas de estudo	Biomassa (kg ha <sup>-1</sup> )		CV (%)	
	Junho (Período - Seco)	Janeiro (Período - Chuvoso)		
0,00-0,05 cm				
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
0,05-0,15 cm				
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
0,15-0,30 cm				
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 = silvipastoril com espécies mistas; FN = floresta nativa.

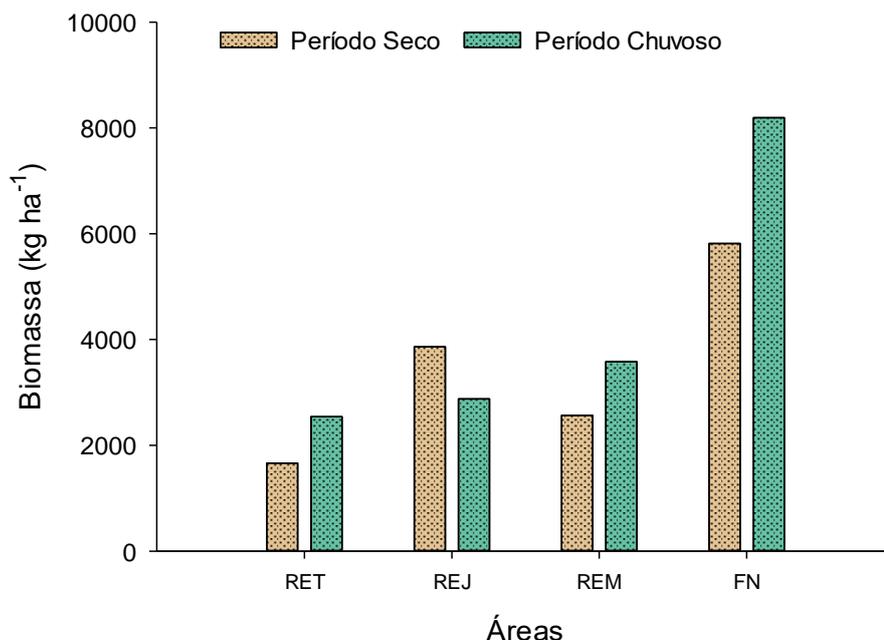
Na profundidade de 0,05-0,15 cm, ainda para o mês de junho o ambiente de FN apresentou significância para os demais ambientes, com valor médio de (1442,56 kg ha<sup>-1</sup>) e coeficiente de variação em torno de 35,45% sustentando a precisão dos dados. Já na profundidade de 0,15-0,30 cm a produção de 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 0,00-0,05 cm, com destaque para o ambiente de FN, diferenciando-se significativamente para os demais ambientes na camada de 0,5-0,15 com média de (2058,69 kg ha<sup>-1</sup>) e de (2341,34 kg ha<sup>-1</sup>) na camada de 0,15-0,30 cm, no mesmo mês de coleta. No comparativo entre período seco e chuvoso, não diferenciou significativamente 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 acima.

Segundo Witschoreck et al. (2003), estudando a biomassa de raízes finas de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, com 10 anos de idade, constatou que 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.

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

As maiores médias de biomassa radicular, somadas em todas as profundidades por períodos, estão representadas na (Figura 3). 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 possível explicação pode ser em decorrência da quantidade de matéria orgânica 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 (DUNBABIN et al., 2001).



**Figura 3.** Biomassa de raízes finas nos diferentes ambientes e período de estudo.

De acordo com 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 2), mostrando-se significativo a ( $p < 0,05$ ) na profundidade de 0,05-0,15 e 0,15-0,30 cm para o ambiente de FN no período seco, com média de ( $3,1198 \text{ g-dm}^{-3}$ ) e ( $2,6832 \text{ g-dm}^{-3}$ ) respectivamente. Resultados próximos foram encontrados por Ceconi et al. (2008), em povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild.

**Tabela 2.** Densidade de raízes nos diferentes ambientes de estudo, Humaitá –AM.

Áreas de estudo	Densidade ( $\text{g-dm}^{-3}$ )	CV (%)	Densidade ( $\text{g-dm}^{-3}$ )	CV (%)
	Junho (Período - Seco)		Janeiro (Período - Chuvoso)	
0,00-0,05 cm				
RET	2,0350 aA	30,54	3,7801 aA	28,30
REJ	6,0132 aA	97,00	4,1378 aA	56,65
REM	3,1366 aA	50,79	5,5871 aA	82,97
FN	6,7723 aA	70,31	8,1997 aA	38,82
0,05-0,15 cm				
RET	1,1673 bB	42,24	1,1460 bB	59,64
REJ	1,3976 bB	6,47	1,3959 bB	24,46
REM	1,2559 bB	76,00	1,1741 bB	51,28
FN	3,1198 aA	35,36	4,4522 aA	24,71
0,15-0,30 cm				
RET	0,3944 bB	56,41	0,5718 bB	64,91
REJ	0,9454 bB	18,08	0,6897 bB	67,64
REM	1,1543 bB	72,17	0,9791 bB	63,91
FN	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.

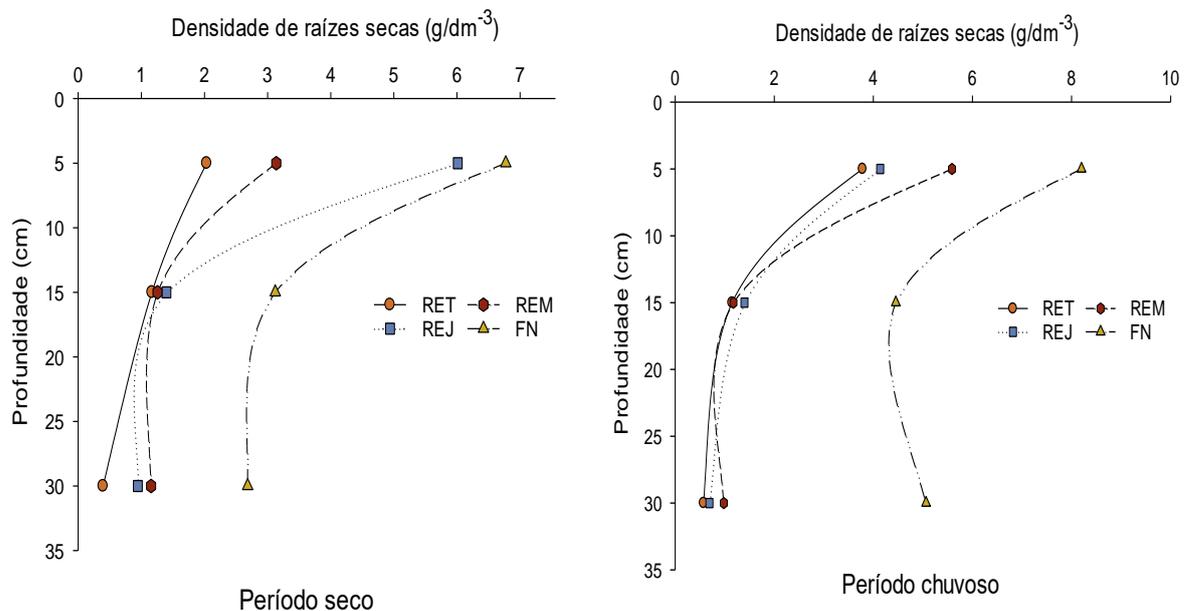
A densidade de raízes finas apresenta um comportamento muito semelhante ao da biomassa, alterando de acordo com a profundidade do solo, uma possível explicação seria a alta concentração de serapilheira no chão da floresta, favorecendo uma maior retenção de água, disponibilidade de oxigênio e nutrientes, decorrente da decomposição, outra resposta seria em função da compactação do solo, as primeiras

camadas exercem uma pressão sobre as camadas inferiores, dificultando a distribuição das raízes.

Observou-se no presente estudo que quanto mais aumenta a profundidade do solo, diminui a quantidade de raízes finas, conforme mostra a (Figura 4). Comportamento semelhante foi verificado em estudo de raízes finas em árvores jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden (DICK; SCHUMACHER 2019), corroborando com resultados apresentado nesse estudo.

Segundo Martins et al. (2004), 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.

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 4.** Densidade de raízes finas nos diferentes ambientes e profundidades.

**Fonte:** O Autor.

O percentual do total de biomassa produzida em cada período de coleta nos diferentes ambientes de estudo pode ser verificado na (Tabela 3). No período seco o maior percentual encontrado de biomassa de raízes finas no ambiente de reflorestamento foi de 71,96% para REJ, na camada de 0,00-0,05 cm e o maior percentual em ambiente de floresta nativa foi de 53,85% também na camada de 0,00-

0,05 cm. Para a coleta realizada em janeiro, correspondente ao período chuvoso, os maiores percentuais de biomassa de raízes finas entre os ambientes de reflorestamento foi de 72,18% para REM na camada de 0,00-0,05 cm. No ambiente de FN o maior percentual 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 comparativo com os ambientes de reflorestamento.

Uma explicação para os menores percentuais 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 possível explicação pode ter correlação com a idade e características das espécies plantadas.

**Tabela 3.** Percentual de biomassa nas diferentes profundidades e mês de coleta, Humaitá-AM.

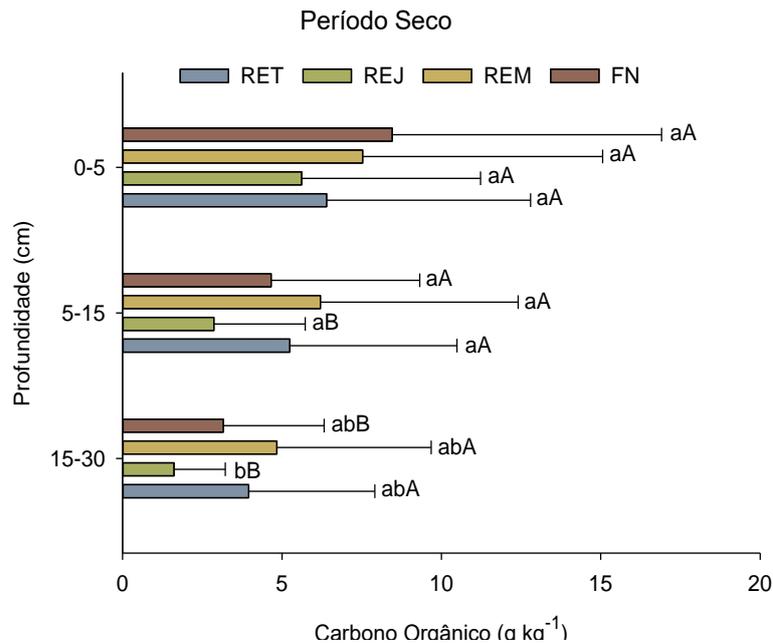
Profundidade (cm)	Percentual (%) de raízes ( $\leq 2$ mm)			
	Período seco (junho 2018)			
	RET	REJ	REM	FN
0-5	56,58	71,96	56,55	53,85
5-15	32,45	16,73	22,64	24,81
15-30	10,97	11,31	20,81	21,34
Total	1663,18	3863,85	2564,89	5814,40
Profundidade (cm)	Percentual (%) de raízes ( $\leq 2$ mm)			
	Período chuvoso (janeiro 2019)			
	RET	REJ	REM	FN
0-5	68,76	66,49	72,18	46,29
5-15	20,84	22,43	15,17	25,13
15-30	10,40	11,08	12,65	28,58
Total	2542,25	2877,69	3579,11	8191,50

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 30 cm de profundidades do solo, perfazendo um total de 53,4% da biomassa total (SCHUMACHER et al., 2002).

### 3.2 Variáveis químicas do solo

Os resultados das análises de carbono orgânico do solo (COS), evidenciaram que as concentrações de (COS) no período seco, referente às camadas de 0,00-0,05

cm e 0,05-0,15 cm não se diferenciaram estatisticamente a nível de significância de 5%, entre os diferentes ambientes, conforme mostra a (Figura 5). Já na profundidade de 0,15-0,30 cm para o mesmo período, o ambiente de REJ apresentou diferença significativa entre os ambientes com valor de (3,22 g kg<sup>-1</sup>), essa foi a menor concentração no período seco.



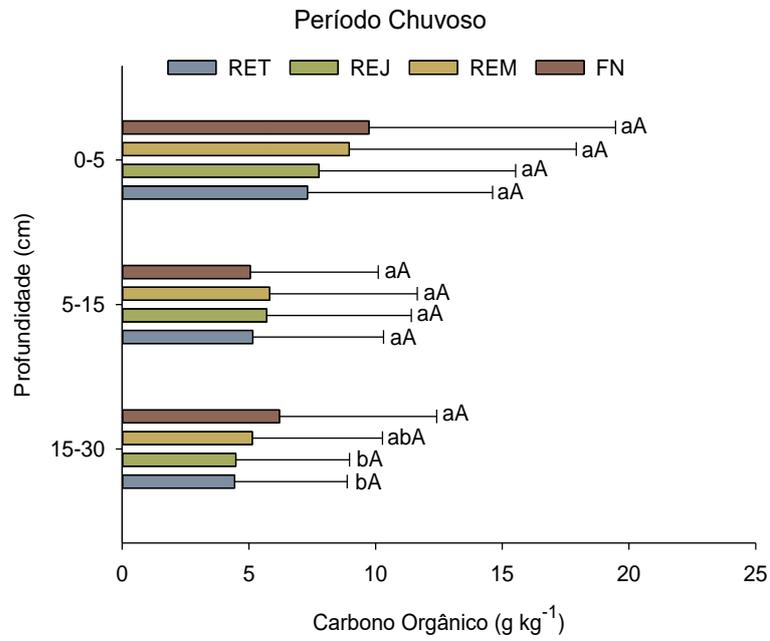
**Figura 5.** Concentração de (COS) nos diferentes ambientes e profundidades.

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, podendo ter influenciado os resultados nas profundidades de 0,15-0,30 cm, mostrando-se significativo ( $p < 0,05$ )

Resultados encontrados por Gatto et al (2010) na ordem de 22,44 g kg<sup>-1</sup>, 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).

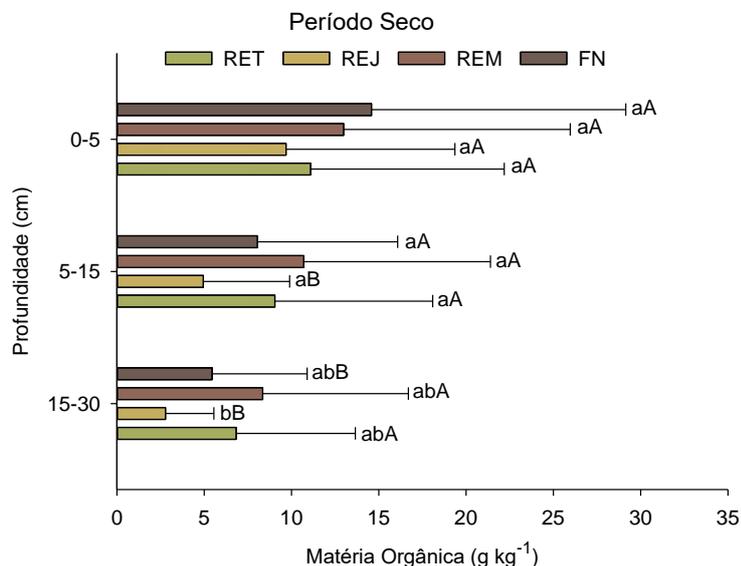
Os resultados das análises na época considerada chuvosa (janeiro), mostrou que houve significância somente na profundidade de 0,15-0,30 cm para os ambientes

de REJ e RET com valores de ( $8,97 \text{ g kg}^{-1}$ ) e ( $8,88 \text{ g kg}^{-1}$ ), respectivamente, conforme mostra a (Figura 6). Comparando os resultados entre os períodos (seco) e (chuvoso), constatou-se que houve diferença significativa na profundidade de 0,05-0,15 para o ambiente REJ e na profundidade de 0,15-0,30 para FN.



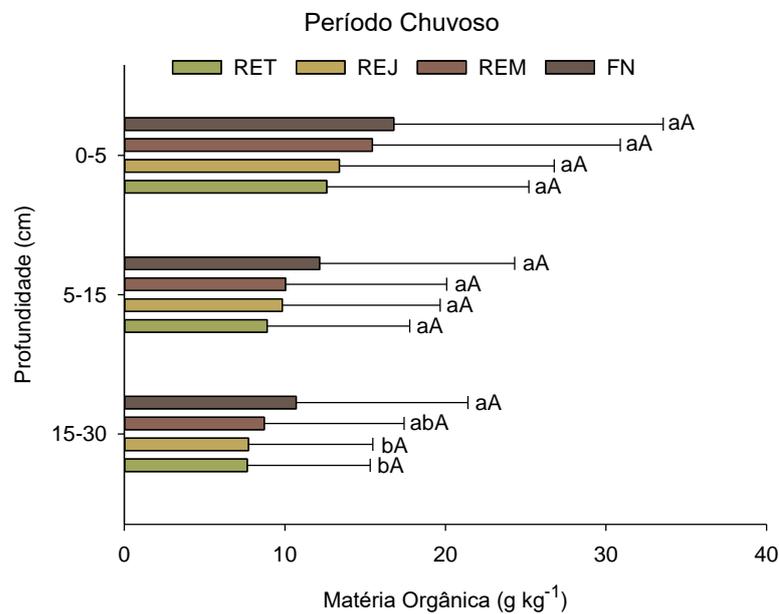
**Figura 8.** Concentração de (COS) nos diferentes ambientes e profundidades.

As concentrações de matéria orgânica, se assemelha ao padrão apresentado pelo carbono orgânico. Na camada de 0,00-0,05 cm os valores variaram de ( $29,15 \text{ g kg}^{-1}$ ) para FN a ( $19,36 \text{ g kg}^{-1}$ ) para REJ, período de coleta correspondente ao mês de junho, na profundidade de 0,05-0,15 cm apresentou significância para o período de coleta com valor de ( $9,89 \text{ g kg}^{-1}$ ) para REJ em junho e de ( $19,67 \text{ g kg}^{-1}$ ) em janeiro, conforme (Figura 7).



**Figura 7.** Concentração de (COS) nos diferentes ambientes e profundidades.

Já na profundidade de 0,15-0,30 cm, os valores apresentaram diferenças significativas tanto para os ambientes como para período de coleta. Para o mês de coleta em janeiro os valores variaram de (33,57 g kg<sup>-1</sup>) para FN a (25,20 g ha<sup>-1</sup>) para RET, na profundidade de 0,00-0,05 cm, conforme (Figura 8). Na camada de solo de 0,05-0,15 cm os valores de matéria orgânica variaram de (24,32 g kg<sup>-1</sup>) para FN a (17,77 g kg<sup>-1</sup>) para RET e na camada mais inferior de 0,15-0,30 cm os valores encontrados variaram de (21,40 g kg<sup>-1</sup>) para FN a (15,31 g kg<sup>-1</sup>) para RET, apresentando diferença significativa entre os ambientes e período de coleta, com destaque para os ambientes de REJ e FN.



**Figura 8.** Matéria orgânica nas diferentes profundidades e ambiente, Humaitá-AM.

Os maiores teores de MO foi constatado no Período chuvoso (janeiro), época de maiores índices de umidades, decorrentes de altos volumes de chuvas na região. Com destaque para FN. Uma explicação para que o comportamento da matéria orgânica no geral em ambiente de FN se mantivesse estável, com poucas oscilações, se deve ao grau de perturbações, bem como o volume de matéria orgânica presente no solo.

Segundo Costa et al (2013), os solos sob vegetação natural não apresentam variações nos estoques de MO, culminando para um equilíbrio. Diferentemente em agroecossistemas as práticas de manejo não conservacionista têm implicações serias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (CARIDE et al., 2012).

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 quase todas as profundidades e períodos de coleta, conforme (Tabela 4).

**Tabela 4.** pH do solo nos diferentes ambientes e profundidade, Humaitá-AM.

Áreas de estudo	pH (H <sub>2</sub> O)	
	Junho	Janeiro
0- 5 cm		
RET	4,67 aA	4,82 aA
REJ	4,67 aA	4,89 aA
REM	4,75 aA	4,99 aA
FN	4,22 bA	4,01 bA
5-15 cm		
RET	4,64 aA	4,75 aA
REJ	4,49 aAB	4,79 aA
REM	4,63 aA	4,61 aA
FN	4,38 aA	4,02 bA
15-30 cm		
RET	4,66 aA	4,62 aA
REJ	4,39 abA	4,91 aA
REM	4,52 abA	4,55 abA
FN	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.

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, calagem e adubação, O pH do solo pode ter contribuído para maiores percentuais de raízes finas nas primeiras camadas do solo, conforme discutido nesse estudo.

#### 4 CONCLUSÕES

Conclui-se que a maior quantidade de biomassa de raízes finas, somando-se as três profundidades do solo foi encontrada nos ambientes de floresta nativa FN, com 8.191,50 kg ha<sup>-1</sup>, correspondente ao período chuvoso, decrescendo conforme aumenta a profundidade. O comportamento da densidade em função do volume de solo mostrou que a maior concentração se encontra nos primeiros 5 centímetros de profundidades, com maior valor encontrado de 8.1997 g-dm<sup>-3</sup>, para FN, correspondente ao período chuvoso. Os maiores percentuais do total de biomassa para cada ambiente e diferentes profundidades, foi encontrado para as áreas de reflorestamento, com maior percentual de 72,18% para REM no período chuvoso.

O carbono orgânico do solo (COS), bem como a matéria orgânica (MO), tiveram comportamentos semelhantes, apresentando significância, entre o período seco e chuvoso para os ambientes de FN e REJ. Presume-se que diante dos resultados obtidos os ambientes de florestas naturais em comparação com os reflorestados assume uma leve vantagem na produção de biomassa de raízes finas, no entanto algumas espécies florestais como o jenipapo, a teca se mostram eficientes na melhoria das variáveis químicas do solo, podendo serem utilizadas na recuperação de áreas degradadas.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GOLÇALVES, J. L. de M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-718, 2014.
- BOHM, W. **Methods of studying root systems**. Berliir: Springer-Verlag, 1979. 188 p.
- CARIDE, C.; PIÑEIRO, G.; PARUELO, J. M. How does agricultural management modify ecosystem services in the argentine Pampas The effects on soil C dynamics. Agriculture, **Ecosystems and Environment**, v.154, p.23-33, 2012.
- CECONI, D. E. et al. Biomassa e comprimento de raízes finas em povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild estabelecido em area degradada por mineração de carvão. **Floresta**, Curitiba. v. 38, n. 1, p. 1-10, jan./mar. 2008.
- COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. DE A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 1843. 2013.
- 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, M. V. Raízes finas em árvores jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Ecologia e Nutrição Florestal**. 2019.
- DUNBABIN, V.; RENGEL, Z.; DIGGLE, A. The root growth response to heterogeneous nitrate supply differs for *Lupinus angustifolius pilosus*. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 52, p. 495-503, 2001.
- FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 3, 2006. pp. 395-400.
- FINÉR, L.; OHASHIB, M.; NOGUCHIC, K.; HIRANOD, Y. Factors causing variation in fine root biomass in forest ecosystems. **Forest Ecology and Management**, v.261, p. 265–277, 2011.
- FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. de A. Dinâmica de raízes de espécies arbóreas: visão da literatura. **Ciência Florestal**, v.18, n.1, p.133-142, 2008.
- GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; DA SILVA, I. R.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; VILLANI, E. M. A. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:1069-1079, 2010.
- JORDAN, C.F. **Nutrient cycling in tropical forest ecosystems**. New York: John Wiley and Sons, 1985. 190p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: Rima Artes e Textos, 2000. 531 p.

LOPES, V. G. **Quantificação das raízes finas em um povoamento de *pinus taeda* L. na região dos Campos de Cima da Serra, RS.** 2009.85 f Dissertação (em engenharia florestal). Santa Maria, RS, Brasil, 2009.

MARTIN, G. C.; FERREIRA, M. M.; CURI, N.; VITORINO, A. C. T. Campos nativos e matas adjacentes da região de humaitá (am): atributos diferenciais dos solos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 221-227, mar./abr., 2006.

MARTINS, L. F. da S. **Características do sistema radicular das arvores de *Eucalyptus grandis* em resposta a aplicação de doses crescentes de bio sólido**, v. 65, p. 207-218, jun. 2004.

MENDES, L. S. S. **Dinâmica de raízes finas em relação à disponibilidade sazonal de nutrientes e de diferentes níveis de deposição úmida em florestas tropicais.** 2018.188 f. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre). INPE, São José dos Campos, 2018. <http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3QFCPPL>

MENEZES, C. E. G.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; ANJOS, L. H. C.; PAULA, R. R.; SOUZA, M. E. Aporte e decomposição de serapilheira e produção de biomassa radicular em floresta com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 439-452 jul.-set., 2010.

NAVROSKI, M. C.; BIALI, L. J.; BIANCHIN, J. E.; CAMARGO, L.; SCHUMACHER, M. V. Quantificação de biomassa e comprimento de raízes finas em povoamento de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.4, p.535-540, 2010.

OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C.; FREITAS, L.; SOARES, M. D. R. Caracterização de solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas. **Acta amazônica**. vol. 45(1) 2015: 1 – 12. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201400555>

SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R.; BARBIERI, S. J. Quantificação da serapilheira e dos nutrientes em um povoamento de Araucária angustifolia (Bert.). In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓSGRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**, 2., 2002, Viçosa. Anais... Santa Maria.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2017. 573p.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, v. 28, p. 793-800, 2004.

VOGT, K. A.; VOGT, D. J.; BLOOMFIELD, J. Analysis of some direct and indirect methods for estimating root biomass and production of forests at an ecosystem level, **Plant Soil**, v. 200, p.71-89,1998.

WITSCHORECK, R.; SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. **Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake**, v.27, n.2, p.177-183, 2003.

**YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, v. 19, p.1467-1476, 1988.**

## CAPITULO IV – UMA ABORDAGEM SOCIOAMBIENTAL

### 1 INTRODUÇÃO

As florestas são ecossistemas imprescindíveis para a ocorrência de diversos processos de ordem físico-químicos na natureza, de forma que esses processos afetam diretamente o bem-estar e a qualidade de vida da população do planeta. No entanto Gomes (2006), esclarece que a sociedade contemporânea ainda tenta se desvencilhar da visão antropocêntrica de mundo, ou seja uma visão que dar direito ao ser humano a dominar a natureza, e dela se utilizar como se a sua existência fosse exclusivamente para satisfazer as necessidades humanas. A relação traçada entre o paradigma antropocêntrico e as imposições de um modelo de produção capitalista, resultam em uma crise socioambiental presente atualmente. Trata-se de uma crise de elevado grau de complexidade, multidimensional, cujas facetas afetam todos as áreas de nossa vida – a saúde, o modo de vida, a qualidade do meio ambiente e das relações sociais, da economia, da tecnologia e da política (CAPRA, 2006).

Os recursos naturais não podem ser usufruídos como se fossem infinitos, sem qualquer preocupação com os impactos provenientes das atividades realizadas, nesse sentido há a necessidade de mudanças no modo de percepção ambiental, que levem em consideração as atuais características da sociedade contemporânea e privilegiem uma visão total de mundo, com uma postura ética, responsável e solidária.

A produção de conhecimento deve necessariamente contemplar as inter-relações do meio natural com o social, incluindo a análise dos determinantes do processo, o papel dos diversos atores envolvidos e as formas de organização social que aumentam o poder das ações alternativas de um novo desenvolvimento, numa perspectiva que priorize novo perfil de desenvolvimento, com ênfase na sustentabilidade socioambiental (JACOBI, 2003).

Esse capítulo traz a discursão dos resultados já apresentados nos capítulos anteriores, enfatizando a importância de um planejamento voltado para o uso sustentável dos recursos naturais pautado em um olhar mais holístico é menos pragmático, sobretudo, insistindo na necessidade de mudança de comportamento e na construção de novos valores éticos menos antropocêntricos, baseado na educação

ambiental, onde a relação homem natureza deixa de ser predatória e passa ser harmônica.

## **2 ABORDAGEM SOCIOAMBIENTAL**

A questão ambiental começou a ser objeto de discussão nas mais diversas áreas a partir de 1968, com a criação do “Clube de Roma”. Mais tarde as discussões voltariam em pauta na reunião realizada pela Organização das Nações Unidas (ONU), evento que ficou marcado como a 1ª Conferência Mundial sobre o homem e o meio ambiente (CASTRO; ARAÚJO, 2004). Nesse período, a preocupação com os processos ambientais justificava-se por: rápido avanço populacional, deterioração dos ecossistemas, escassez dos recursos naturais, contaminações advindas principalmente dos setores industriais e degradação da própria qualidade de vida (GALVÃO; MAGALHÃES JÚNIOR, 2016). Na atualidade, o que vivenciamos é bem parecido com épocas passadas, no entanto, com o crescimento econômico, científico e tecnológico desenfreado e com os desequilíbrios ecológicos, a pobreza e a desigualdade social, transformou-se o que antes era conhecido como problema em crise ambiental (LEFF, 2003).

A questão ambiental, com toda a sua complexidade, precisa ser discutida e estudada, para que possíveis instrumentos ou mecanismos de solução sejam criados. No geral esse estudo buscou quantificar a produção de serapilheira, biomassa radicular e variáveis químicas do solo no seu habitat natural e plantado, para que pudessemos responder aos questionamentos levantados no sentido de: As florestas plantadas ou reflorestadas poderão ser utilizadas como forma de mitigação de possíveis danos ambientais como supressão e exploração florestal? Ou como forma de exploração consorciada com outras atividades agrícolas? Buscaremos discutir a importância dos resultados obtidos a luz do contexto socioambiental.

### **2.1 A finalidade da serapilheira no contexto ambiental**

Os resultados obtidos da produção de serapilheira a priori mostram que estatisticamente não houve diferenças entre os ambientes de estudo, já o processo de decomposição que avaliou o quanto que a serapilheira foliar se decompõe ao longo do tempo, mostrou que tanto a floresta nativa quanto o ambiente de floresta plantada apresentaram comportamento semelhante ou seja, as espécies florestais estudadas podem ser utilizadas juntamente com outras atividades agrícolas ou até mesmo para

recuperar áreas já consideradas degradadas. Outra importância nos estudos de serapilheira seria nas ações de prevenção e controle de incêndios, possibilitando uma melhor estimativa sobre o aporte de material combustível presente nas florestas. O aumento na produção de serapilheira, principalmente durante o período seco cria condições de inflamabilidade da floresta (NEPSTAD et al. 2004), potencializando os efeitos nocivos dos incêndios florestais.

## **2.2 A biomassa de raízes finas**

A quantidade de biomassa encontrada na camada superficial do solo não apresentou valores discrepantes entre os ambientes de estudo, na medida que se aprofundava o ambiente de floresta nativa se destacava, com maiores quantidades de raízes. Esse aspecto mostra que os solos de floresta nativa aparentam ser mais profundos e menos compactados, favorecendo o bom desenvolvimento das raízes em maiores profundidades, porém, a captação de nutrientes pelas raízes finas ocorre com mais eficiência nas camadas mais superficiais, ou seja, traçando um comparativo com os ambientes de reflorestamento esse se mostrou satisfatório também.

A variáveis de solo tiveram comportamento semelhante ao das raízes, as florestas naturais tiveram um leve percentual maior que os ambientes de reflorestamento, decorrência de uma maior diversidade de espécies. Podemos dizer que no comparativo geral ambos se mostraram semelhantes, respeitando as especificidades de cada ambiente. Sendo assim, podemos inferir que adotando práticas de manejo sustentáveis, menos agressivas contribui-se para melhor uso e aproveitamento desses recursos naturais.

## **2.3 A importância da educação ambiental**

A prática sustentável de uso e exploração dos recursos florestais só será possível se houver uma conscientização e mudança de comportamento por parte da sociedade. Para isso é necessário aprofundar o conhecimento a respeito da complexidade ambiental.

Nesse aspecto Leff (2003, p. 22) afirma:

A complexidade ambiental abre uma nova reflexão sobre a natureza do ser, do saber e do conhecer; sobre a hibridação do conhecimento na interdisciplinaridade e na transdisciplinaridade; sobre o diálogo de saberes e a inserção da subjetividade dos valores e dos interesses na tomada de decisões e nas estratégias de apropriação da natureza.

O foco da sociedade moderna não permitiu mais estar direcionado somente para a produção de riquezas, mas para a sua distribuição e sua melhor utilização. Assim, a educação ambiental é considerada instrumento indispensável na formatação de uma sociedade sustentável (CANEPA, 2004, p. 158).

A utilização das florestas de forma racional não é uma tarefa fácil pois os interesses econômicos tendem a sobressair sobre os demais, nesse sentido, a produção de conhecimento deve necessariamente contemplar as inter-relações do meio natural com o social, incluindo a análise dos determinantes do processo.

Para Leff (2012), não se deve somente estar preocupado em preparar as gerações para conhecerem as incertezas dos desastres ecológicos, e nem tão pouco gerar capacidade de respostas para o imprevisto, é necessário preparar novas mentalidades que compreendam as inter-relações entre processos complexos e que desenvolvam habilidades necessárias para a inovação e a construção do inédito, por meio da participação ativa do ser nos processos de tomada de decisão que conduzam a gestão ambiental ecologicamente sustentável.

A educação Ambiental fomenta novas atitudes nos sujeitos sociais e novos critérios de tomada de decisões dos governos, guiados pelos princípios da sustentabilidade ecológica e diversidade cultural, internalizando-os na racionalidade econômica e no planejamento do desenvolvimento. Isto implica educar para transformar um pensamento crítico, criativo e prospectivo, capaz de analisar as complexas relações entre processos naturais e sociais, para atuar no ambiente com uma perspectiva global, mas diferenciada pelas diversas condições naturais e culturais que o definem (LEFF, 2012, p. 256).

Os modelos de produção que privilegia de alguma forma a exploração predatória das florestas naturais, abrem caminho para os desastres ambientais se tornarem mais evidentes e suas repercussões se apresentarem em escala global.

O bioma amazônico assim como o cerrado tem sido tema de inúmeras discussões a nível local e mundial por parte das organizações governamentais e não governamentais no sentido de traçarem metas para emplacar a conscientização na exploração desses recursos naturais, no entanto há quem diga que o próprio conhecimento científico e tecnológico, permitiu legitimar as implicações socioambientais do próprio uso inadequado e irracional da natureza. O espaço que era somente natural, passa a ser artificializado, e o tempo social é o da inovação

A técnica é um princípio formador de sociedades. Ela é o conjunto dos hábitos e costumes que medeia a relação homem e natureza no tempo. Por isso, é impossível compreender uma sociedade sem considerar o papel da técnica na relação que os homens estabelecem entre si. Bem como entre si e a natureza, uma vez que a relação homem-natureza é a relação estabelecida pelos homens entre eles, levada para dentro da relação com a natureza [...]. (MOREIRA, 2016, p. 29).

O desenvolvimento do setor primário em especial o agronegócio, deve ser tratado não somente por uma ótica puramente econômica, mas também, por priorizar a integração de dimensões ambientais e sociais.

A relação entre meio ambiente e educação para a cidadania assume um papel cada vez mais desafiador, demandando a emergência de novos saberes para apreender processos sociais que se configuram no campo da complexidade e dos riscos ambientais que se intensificam.

A problemática socioambiental, ao questionar ideologias teóricas e práticas, propõe a participação democrática da sociedade na gestão dos seus recursos atuais e potenciais, assim como no processo de tomada de decisões para a escolha de novos estilos de vida e a construção de futuros possíveis, sob a ótica da sustentabilidade ecológica e a equidade social.

O momento atual exige que a sociedade esteja mais motivada e mobilizada para assumir um caráter mais propositivo, assim como para poder questionar de forma concreta a falta de iniciativa dos governos para implementar políticas pautadas pelo binômio sustentabilidade e desenvolvimento num contexto de crescentes dificuldades para promover a inclusão social.

De acordo com Oliveira et al (2015), a educação ambiental deve ser objeto de discussão nos espaços escolares, pois esse ambiente é capaz de modificar conceitos e atitudes, levando os jovens a valorizar as questões ambientais, pois no futuro próximo serão as gerações do amanhã. Estabelecer essa abordagem é um processo diário a começar em casa e que deve ser praticado com alunos de todas as idades, é engano achar que os debates devem acontecer somente nas universidades, a aquisição de conhecimento é capaz de motivar a proteção ambiental, visto que os alunos descobrem os efeitos e as causas reais dos problemas vivenciados (MARCATTO, 2002).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A capacidade que as florestas têm em reaproveitar nutrientes passa pela produção e decomposição da serapilheira. Todos os processos que ocorrem nesses ambientes são especialmente importantes para as florestas que se desenvolvem em solos de baixa fertilidade química natural, como é o caso de grande parte dos solos amazônicos.

A ciclagem de nutrientes é essencial para a continuidade das florestas e o conhecimento local e regional desse processo é necessário para aprimorar o manejo e conservação desses ecossistemas. Além disso, estudos voltados para regiões com altos índices de desmatamento e, conseqüentemente, com alterações rápidas e contínuas na estrutura da floresta devem ser priorizados para entender quais são os efeitos destas alterações em curto e longo prazo sobre a produção de serapilheira. No entanto diante da complexidade dos problemas ambientais que afetam o meio ambiente, faz-se necessária uma abordagem mais ampla sobre o contexto social, econômico e ambiental, pois somente assim pautado no olhar mais holístico será possível construir um mundo de pessoas conscientes às questões ambientais.

É importante que a sociedade reconheça que os desequilíbrios ambientais estão correlacionados intrinsecamente às condutas humanas inadequadas. Essa postura favorece a construção do pensamento crítico acerca das causas e dos efeitos entre ser humano e meio ambiente. Diante do exposto acreditamos que é possível romper com os paradigmas do capitalismo moderno, que oprime as classes menos privilegiadas, deixando a minoria cada vez mais rica.

O desenvolvimento baseado na exploração dos recursos naturais é possível, desde que a sociedade caminhe lado a lado com as instituições governamentais e não governamentais na busca por um equilíbrio ambiental, validando e acreditando nas pesquisas científicas, pois aquilo que é objeto de pesquisa tem um propósito único beneficiar a sociedade. A educação ambiental é ferramenta essencial nesse processo, pois possibilita uma visão holística sobre o sistema, ao mesmo tempo que correlaciona diferentes temas visando a uma maior compreensão.

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANEPA, C. Educação ambiental: ferramenta para a criação de uma nova consciência planetária. **Revista de Direito Constitucional e Internacional**. São Paulo, v. 12, n. 48, p. 158-166, jul.-set. 2004.

CAPRA, F. **O ponto de mutação**. São Paulo: Cultrix, 2006.

CASTRO, B. A.; ARAÚJO, M. A. D. Gestão dos resíduos sólidos sob a ótica da Agenda 21: um estudo de caso em uma cidade nordestina. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 4, p. 561-587, jul./ago. 2004.

LEFF, E. **A complexidade Ambiental**. São Paulo, Ed. Cortez, 2003.

LEFF, E. **Saber Ambiental: Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade e Poder**. 9ª ed. Petrópolis, Ed. Vozes, 2012.

GALVÃO, C. B.; MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. O. A relação entre as representações sociais de professores sobre Educação Ambiental e os projetos relacionados à Conferência Nacional Infante Juvenil pelo Meio Ambiente. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 124-141, maio/ago. 2016.

GOMES, D. V. **Educação para o consumo ético e sustentável**. Revista eletrônica. V. 16. Jan-jun 2006.

JACOBI, P. **Educação ambiental, Cidadania e Sustentabilidade**. Cadernos de Pesquisa, n. 118. Março 2003.

MARCATTO, C. **Educação ambiental: conceitos e princípios**. Belo Horizonte: Sigma Ltda., 2002.

MOREIRA, R. **A geografia do espaço-mundo: conflitos e superação no espaço do capital**. 1. ed. Rio de Janeiro: Consequência Editora, 2016. p. 29-34.

NEPSTAD, D.; LEFEBVRE, P.; SILVA, U. L.; TOMASELLA, J.; SCHLESINGER, P.; SOLÓRZANO, L.; et al. 2004. Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: a basin-wide analysis. **Global Change Biology**, v. 10, p. 704-717, 2014.

OLIVEIRA, J. T.; MACHADO, R. C. D.; OLIVEIRA, E. M. **Educação ambiental na escola: um caminho para aprimorar a percepção dos alunos quanto à importância dos recursos hídricos**. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 311-324, 2015.