



MARCELO MOURA FERNANDES

**PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA E CRESCIMENTO
DIAMÉTRICO EM FRAGMENTOS DE FLORESTA DA
MATA ATLÂNTICA EM DIFERENTES ESTÁGIOS DE
REGENERAÇÃO**

LAVRAS – MG

2021

MARCELO MOURA FERNANDES

**PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA E CRESCIMENTO DIAMÉTRICO EM
FRAGMENTOS DE FLORESTA DA MATA ATLÂNTICA EM DIFERENTES
ESTÁGIOS DE REGENERAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Engenharia Florestal,
para a obtenção do título de Bacharel.

Professor Dr. Fausto Weimar Acerbi Júnior

Orientador

Dr. Laura De Simone Borma

Dr. Reinaldo Rodrigo Novo

Coorientadores

LAVRAS – MG

2021

MARCELO MOURA FERNANDES

**PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA E CRESCIMENTO DIAMÉTRICO EM
FRAGMENTOS DE FLORESTA DA MATA ATLÂNTICA EM DIFERENTES
ESTÁGIOS DE REGENERAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Curso de
Engenharia Florestal, para a obtenção do título
de Bacharel.

Aprovado em 18 de junho de 2021.

Dr. Fausto Weimar Acerbi Júnior UFLA

Dra. Laura de Simone Borma INPE

Dra. Marcela de Castro Nunes Santos Terra UFLA

LAVRAS – MG

2021

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por terem me dado suporte, apoio e amor durante toda minha vida e graduação.

À minha irmã, que mesmo de longe eu sempre pude contar quanto tivesse qualquer problema.

Aos amigos que fiz em Lavras e espero levar para a vida, que proporcionaram companheirismo, diversão e me ajudaram em diversos momentos.

Ao meu orientador Fausto, por ter me ensinado tanto sobre sensoriamento remoto, métodos científicos, sobre a vida e ter contribuído tanto para o final da minha formação como engenheiro florestal.

À minha orientadora Laura, que auxiliou enormemente na minha iniciação científica que deu origem a este TCC.

Ao meu coorientador Reinaldo, que contribuiu com diversos ensinamentos científicos, além de outros que levarei para a vida.

Ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela bolsa de estudos

À toda equipe que tive contato no INPE durante a iniciação científica, que tanto engrandeceram meus conhecimentos sobre pesquisas.

Aos meus colegas e amigos do LEMAF, com quem troquei muitas experiências, conhecimentos e risadas.

A todas as outras pessoas com quem tive contato e contribuíram de alguma forma para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao movimento estudantil da engenharia florestal, ABEEF e Centro Acadêmico, que me propiciaram aprendizados, vivências e experiências muito engrandecedoras.

RESUMO

A Mata Atlântica é o bioma brasileiro que mais sofreu com o desmatamento de suas florestas nativas. Na tentativa de preservar um dos maiores *hotspots* conhecidos existem diversas iniciativas de incentivo a preservação e restauração desse bioma. O presente trabalho fez a análise do crescimento diamétrico e da queda de serrapilheira em três estágios de regeneração com o intuito de entender melhor o processo da regeneração florestal na Mata Atlântica. Na área de estudo, localizada em São Francisco Xavier, os três (3) estágios de regeneração foram monitorados por 22 meses, de junho de 2019 a abril de 2021. As áreas de estudo têm cerca de 5, 12 e 40 anos representados pela RP, R12, e R40 respectivamente. Com os dados de precipitação, crescimento diamétrico e queda de serrapilheira foi possível fazer diversas análises. Na área de estudo existe uma estação meteorológica para coleta de dados de precipitação, sendo que para o monitoramento do crescimento diamétrico e queda de serrapilheira foram instalados o total de sessenta (60) dendrômetros de fita e trinta (30) coletores de serrapilheira distribuídos igualmente nas três áreas de estudo. Os resultados obtidos com a análise dos dados de crescimento diamétrico foram: a RP, R12 e R40 tiveram a porcentagem do crescimento na época chuvosa (outubro a abril) de 73,7 %; 84,4 % e 91,9 % respectivamente quando comparado ao crescimento total. O crescimento diamétrico total (CAP) em cada área foi de 113,28 cm na RP, 44,78 cm na R12 e 31,76 cm na R40. Os meses dos picos de queda de serrapilheira foram em junho e setembro nas três áreas, sendo que na RP houve uma alta queda de serrapilheira nos meses de dezembro a fevereiro. A média de queda de serrapilheira foi de 9,08 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ na R12, 8,54 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ na R40 e 5,59 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ na RP. Ao buscar a relação entre crescimento diamétrico e queda de serrapilheira foi identificado que não existe uma relação entre essas medidas na RP. Já na R12 e R40 foi observado que após os picos de queda de serrapilheira, durante a estação seca, o crescimento do tronco diminuiu no mês em que houve ou no mês seguinte ao pico de queda de serrapilheira. No final do estudo foram identificadas limitações sobre: a falta de manutenção nos dendrômetros de fita, a periodicidade da coleta de dados e a análise de dados do crescimento diamétrico mensal. Algumas soluções para os problemas encontrados foram discutidas com o propósito de auxiliar na realização de próximos trabalhos que possam analisar os dados de forma semelhante à feita nesta pesquisa.

Palavras-chave: Mata Atlântica; Estágios de Regeneração; Serrapilheira; Dendrômetros; São Francisco Xavier

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo na Estação Experimental Fazenda da Serra	17
Figura 2 – Precipitação mensal média na área de estudo	18
Figura 3 – Dendrômetros de fita	20
Figura 4 – Dendrômetros de fita	20
Figura 5 – Coletores de serrapilheira	21
Figura 6 – Coletores de serrapilheira	21
Figura 7 – Crescimento Diamétrico Acumulado - CDA da RP, R12 e R40 (CAP)	24
Figura 8 – Crescimento Diamétrico Acumulado - CDA da RP	25
Figura 9 – Crescimento Diamétrico Acumulado - CDA da R12	26
Figura 10 – Crescimento Diamétrico Acumulado - CDA da R40	27
Figura 11 – Crescimento Diamétrico Acumulado Final - CDA final na RP, R12 e R40	28
Figura 12 – Crescimento Diamétrico Acumulado Sazonal - estação chuvosa	29
Figura 13 – Crescimento Diamétrico Acumulado Sazonal - estação seca	30
Figura 14 – Crescimento Diamétrico Acumulado Sazonal - estação chuvosa e seca	31
Figura 15 – Comparação entre Crescimento Diamétrico Mensal e Precipitação na RP, R12 e R40	31
Figura 16 – Crescimento Diamétrico Acumulado por Espécie CDAEsp da RP (CAP)	33
Figura 17 – Crescimento Diamétrico Acumulado por Espécie CDAEsp da R12 (CAP)	35
Figura 18 – Crescimento Diamétrico Acumulado por Espécie CDAEsp da R40 (CAP)	36
Figura 19 – Comparação dos CDAEsp que ocorrem em mais de uma área (CAP)	37
Figura 20 – Massa Média de Queda de Serrapilheira de acordo com a data de coleta – MMSC	38
Figura 21 – Massa Média de Queda de Serrapilheira por Dia - MMSD	39
Figura 22 – Massa Média de Queda de Serrapilheira por Mês - MMSD	40
Figura 23 – Comparação entre Massa Média de Queda de Serrapilheira Mensal e Precipitação na RP, R12 e R40	42
Figura 24 – Localização da área de estudo na Estação Experimental Fazenda da Serra	42
Figura 25 – Comparação entre Crescimento Diamétrico Mensal e Massa Média de Queda de Serrapilheira Mensal - RP	43
Figura 26 – Comparação entre Crescimento Diamétrico Mensal e Massa Média de Queda de Serrapilheira Mensal - R12	44

Figura 27 – Comparação entre Crescimento Diamétrico Mensal e Massa Média de Queda de Serrapilheira Mensal - R4045

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela com o número, espécie, família e CAP inicial da RP	53
Tabela 2 – Tabela com o número, espécie, família e CAP inicial da R12	54
Tabela 3 – Tabela com o número, espécie, família e CAP inicial da R40	55

LISTA DE ABREVIATURAS/SIGLAS/SÍMBOLOS:

SFX.	São Francisco Xavier
EEE.	Estação Experimental Ecohidrológica
LabEcoh	Laboratório de Ecohidrologia Isotópica
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
CCST	Centro de Ciência do Sistema Terrestre
RP	Regeneração de Pastagem
R12	Regeneração de aproximadamente 12 anos
R40	Regeneração de aproximadamente 40 anos
DAP	Diâmetro a Altura do Peito
CAP	Circunferência a Altura do Peito
IV	Índice de Vegetação
CDM	Crescimento Diamétrico Mensal
CDA	Crescimento Diamétrico Acumulado
CDASaz	Crescimento Diamétrico Acumulado Sazonal
CDEsp	Crescimento Diamétrico por Espécie
MMSC	Massa Média de queda de serrapilheira de acordo com a data de Coleta
MMSD	Massa Média de queda de Serrapilheira por Dia
MMSM	Massa Média de queda de Serrapilheira por Mês
MAPS	Média Anual de Produção de Serrapilheira
AC	Área do Coletor

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Regeneração Ecológica.....	12
2.2	Serviços Ecossistêmicos, Reflorestamento e Carbono	13
2.3	Crescimento diamétrico e serrapilheira como ferramenta para obtenção diferentes dados	14
3	OBJETIVOS	16
3.1	Objetivo Geral:.....	16
3.2	Objetivos Específicos:	16
4	METODOLOGIA	17
4.1	Área de estudo.....	17
4.2	Precipitação.....	18
4.3	Delineamento experimental	19
4.3.1	Crescimento diamétrico	19
4.3.2	Queda de serrapilheira	21
4.4	Processamento dos dados.....	22
4.4.1	Precipitação.....	22
4.4.2	Crescimento diamétrico	23
4.4.3	Queda de Serrapilheira.....	23
4.5.4	Relação Entre Crescimento Diamétrico e Queda de Serrapilheira	24
4.5.5	Relação Entre Precipitação e Queda de Serrapilheira.....	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1	Crescimento Diamétrico Acumulado — CDA	25
5.2	Crescimento Diamétrico Acumulado Sazonal — CDASaz.....	29
5.3	Comparação Entre Crescimento Diamétrico e Precipitação	32
5.4	Crescimento Diamétrico Acumulado por Espécie – CDAEsp	34
5.5	Queda de Serrapilheira.....	38
5.6	Comparação Entre Queda de Serrapilheira e Precipitação	42
5.7	Comparação entre Crescimento do Tronco e Queda de Serrapilheira	44
6	Considerações Finais	47

Referências.....	50
ANEXO A	55

1 INTRODUÇÃO

As florestas tropicais são caracterizadas pelo clima quente, elevada precipitação e solos pobres. No Brasil essas florestas ocupam 74% do território nacional, sendo a Amazônia responsável por 59% e a Mata Atlântica 15% da área do país (INPE, 2019; IMAZON, 2020). Na maior floresta tropical do mundo, a Amazônia, a taxa de desmatamento vem quebrando recordes a cada trimestre desde 2018 até os últimos levantamentos de 2021. Já no bioma da Mata Atlântica a taxa de desmatamento e média exponencial histórica está diminuindo, segundo o Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica (2021), o que é necessário, já que resta somente cerca de 11% a 16% da vegetação nativa, ou segundo estudos recentes que utilizam técnicas de sensoriamento remoto, 28% da floresta que existia originalmente (REZENDE et al., 2018).

Devido ao clima favorável, expansão da agricultura, proximidade com os maiores centros urbanos do país, fragmentação dos habitats, além do desmatamento histórico, o que restou da Mata Atlântica encontra-se em fragmentos isolados, áreas de difícil acesso e apenas 1% da área original do bioma está em áreas de preservação. Esse bioma é caracterizado como “patrimônio nacional” segundo a Constituição Federal e, no intuito de preservá-lo, foi criada uma legislação específica na Lei 11.428/2006. A Mata Atlântica é um dos principais hotspots no mundo, contendo 20.000 espécies de plantas e 1.400 espécies de vertebrados terrestres endêmicos (LAURANCE, 2009; JOLY; METZGER; TABARELLI, 2014).

Em 2015, durante o Acordo de Paris, o Brasil estabeleceu diversas metas sendo que dentre estas destacam-se como principais: diminuir o desmatamento e restaurar até 12 milhões de hectares de florestas (MMA, 2020). No intuito de restaurar os ecossistemas é feita a regeneração ecológica que utilizam técnicas de enriquecimento ou regeneração artificial para a recuperação dos ambientes degradados. As áreas recuperadas têm o potencial de sequestrar carbono, tendo um impacto positivo na formação de chuvas, bem como, diminuir o impacto do aquecimento global (SYKTUS; MCALPINE, 2016). Além do carbono, a qualidade da água melhora significativamente após a recuperação (VAN DIJK et al., 2007). A regeneração de um ecossistema é um processo longo, que leva em conta além das espécies de vegetais, as espécies de animais que fazem parte do bioma que foi recuperado.

No intuito de entender melhor os diferentes estágios de regeneração florestal e sua interação com fatores climáticos, o presente trabalho analisou três estágios da regeneração florestal em áreas de diferentes idades na Mata Atlântica. Utilizando a média mensal de precipitação, crescimento diamétrico e queda de serrapilheira buscou-se encontrar padrões

como: a relação da chuva com o crescimento do tronco; as épocas de pico de queda de serrapilheira; a relação da queda de serrapilheira com o crescimento do tronco.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção está estruturada da seguinte forma: Na Seção 2.1. serão apresentadas formas que contribuem para a degradação de ecossistemas, além de definições, conceitos, importância da regeneração, recuperação e regeneração ecológica. Na Seção 2.2 serão abordados os temas de serviços ecossistêmicos, reflorestamento e carbono. Na Seção 2.3 os métodos e análises dos temas de crescimento diamétrico e queda de serrapilheira serão apresentados.

2.1 Regeneração Ecológica

Inúmeras são as formas de degradar ou perturbar um ecossistema. As causas podem ser: incêndios, mineração, plantios de monoculturas, urbanização e diferentes tipos de obras de engenharia. Existem diversas formas para a realização da restauração ecológica e elas dependem, na maioria das vezes, da intensidade da degradação e viabilidade do processo. As formas de restauração ecológica podem ser recuperação, reabilitação, recomposição e restauração.

Existem diferentes definições para cada processo de retomada das condições de equilíbrio naturais das áreas. A recuperação consiste na restituição de um ecossistema a uma condição não degradada, podendo ser diferente da condição original. Já a restauração pode ser definida pela restituição de um ecossistema para que ele se torne o mais próximo possível de sua condição original (SNUC, 2000). Segundo SER (2004) recuperação é o resultado final da atividade de restauração, e a restauração, por sua vez, é o processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído.

Vale ressaltar que o processo de regeneração pode ser feito de diferentes maneiras. De forma natural, artificial ou com a junção das duas que é chamado de enriquecimento. Existem alguns critérios para definição do método de regeneração. A escolha do melhor método deve levar em consideração o estado de degradação da área. Para a análise de degradação ser feita deve-se avaliar: i) o estado do solo e da cobertura vegetal; ii) a presença e distribuição da regeneração; iii) a viabilidade econômica. Uma vez feita estas análises pode-se definir o melhor método de restauração florestal. Uma chave para a tomada de decisão sobre o método de restauração foi criada para auxiliar a escolha do melhor método (NBL, 2013).

A restauração ecológica é importante e contribui em diversos aspectos da melhoria dos ecossistemas. Os objetivos de uma restauração podem ser citados como: recuperar espécies específicas; prover uma conectividade entre áreas preservadas, fortalecendo a função do

ecossistema e melhorando a paisagem; restabelecer ou melhorar os serviços ecossistêmicos. A restauração conduzida por meio do reflorestamento contribui significativamente para a mudança climática, atuando na prevenção de mudanças drásticas no clima, além de sequestrar o carbono da atmosfera (KEENLEYSIDE et al., 2012; LAWRENCE; VANDECAR, 2015).

2.2 Serviços Ecossistêmicos, Reflorestamento e Carbono

Serviços ecossistêmicos podem ser definidos de diferentes formas, uma delas trata o serviço ecossistêmico como: “os benefícios para populações humanas derivam, direta ou indiretamente, das funções dos ecossistemas” (COSTANZA et al., 1997). Daily et al (1997) define como: “as condições e processos através dos quais os ecossistemas naturais e as espécies que os compõem sustentam a vida humana”. A Avaliação do Milênio define os serviços ecossistêmicos como: os benefícios que a população recebe dos ecossistemas. Esses serviços incluem água, comida e madeira, classificados como serviços provedores. Existem também os serviços reguladores, que afetam enchentes, clima, perdas e a qualidade da água. Outro serviço ecossistêmico, de acordo com o documento, seria o cultural, uma vez que fornece benefícios recreativos, estéticos e espirituais. Além disso, existe o serviço de suporte que contribui para a formação do solo, fotossíntese e ciclagem de nutrientes (MEA, 2005).

Os animais contribuem com os serviços ecossistêmicos que são imprescindíveis para a vida humana, os serviços provedores. As abelhas, por exemplo, são os principais polinizadores de ambientes naturais e agrícolas, serviço essencial para a maturação dos frutos e sementes que os seres humanos e a natureza necessitam para a sobrevivência dos dois ambientes. A importância desse inseto para a segurança alimentar do homem é evidenciada em estudos que acusam as abelhas como as responsáveis pela polinização de cerca de 80% das culturas agrícolas (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010; KLEIJN et al., 2015).

A vegetação nativa e as áreas que foram regeneradas contribuem significativamente com os serviços ecossistêmicos reguladores como: controle de enchentes, do clima, melhora na qualidade da água além de sequestro de carbono. A Avaliação do Milênio apontou que o desmatamento, em conjunto com as mudanças de uso do solo, são conhecidos pela grande emissão de carbono para a atmosfera e contribuem desde 1750 até hoje com 15 a 25% da mudança climática global (MEA, 2005). O sequestro de carbono e estoque de carbono é uma atividade desempenhada pelas florestas nativas e reflorestamentos, sejam eles de viés econômico ou para preservação. As diferentes formas de reflorestamento — regeneração florestais, sistemas agroflorestais e plantios florestais com viés exploratório — podem gerar

uma renda extra se os créditos de carbono forem explorados (FELDPAUSCH et al., 2004; (MAY et al., 2005; DALMÁCIO et al., 2012). Além dos créditos de carbono, existe o PSA (Pagamento por Serviços Ambientais) que é um incentivo para os produtores rurais recuperarem as nascentes e receberem por isso. A presença de mata ciliar ao redor de nascentes está diretamente ligada a qualidade da água (como apontam PINTO; DE ROMA; BALIEIRO, 2012).

2.3 Crescimento diamétrico e serrapilheira como ferramenta para obtenção diferentes dados

O crescimento diamétrico é normalmente medido por uma fita métrica, onde é obtido o CAP (Centímetro Altura do Peito). Na maioria dos estudos o CAP é transformado em DAP (Diâmetro Altura do Peito) pela divisão do CAP por π . O monitoramento do crescimento do tronco pode ser feito através de inventários contínuos com o uso da fita métrica, ou através de dendrômetros, de fita ou industriais. Os dendrômetros de fita são utilizados desde 1965 para pesquisas sobre a periodicidade de crescimento do diâmetro de árvores, para cálculo da taxa variações no crescimento, entre outros usos (DÉTIENNE, 1989). Diferentemente dos dendrômetros automáticos — que coletam e armazenam os dados de crescimento diamétrico automaticamente em intervalos de tempo definidos — o dendrômetro de fita requer a leitura periódica em campo da régua dendrométrica, que indica o crescimento do tronco. Como foi apontado no estudo de Carvalho (2011) a precisão das medidas do dendrômetro de fita comparado ao industrial tem correlação de 0,930, os custos são de 10 a 15 vezes menores e a instalação é mais fácil e menos danosa à árvore, já que para a instalação dos dendrômetros de fita não é necessário fazer um furo no tronco.

Ao longo dos últimos anos, diversos estudos têm sido feitos com o uso de dendrômetros. Sabendo a taxa de crescimento do tronco, de florestas nativas ou plantadas, é possível construir modelos de prognose, calcular o incremento de biomassa, fazer a estimativa de carbono acumulado, além de analisar a periodicidade do crescimento do tronco com o intuito de entender a dinâmica do crescimento nas florestas (MORAES, 1970; FELDPAUSCH et al., 2004; BINOTI et al., 2015; WAGNER et al., 2016; PEQUENO REIS et al., 2018).

A serrapilheira é composta por todo o material orgânico, como folhas, galhos, sementes, frutos, flores e outras partes da planta que caem no chão da floresta (DA SILVA et al., 2018 apud (SILVA, 2018 apud CELENTANO et al., 2011; SCORIZA et al., 2012; CAMARGO; GIARRIZZO; JESUS, 2015). A queda de serrapilheira é medida normalmente com coletores,

que ficam suspensos a 1,25 m do chão com uma tela de *nylon* de 2 mm. O material coletado é colocado em uma estufa para ser seco a 70° C por 48 h — em alguns estudos o material é seco a 65° C por 72 h. Diversas análises podem ser feitas com a coleta desses dados como a análise: da ciclagem de nutrientes; da velocidade de decomposição da serrapilheira; da estimativa da quantidade de carbono absorvida ao solo; da regeneração florestal; dos picos e períodos de maior queda de serrapilheira (DOMINGOS et al., 1997; FERREIRA et al., 2014; WAGNER et al., 2016; DA SILVA et al., 2018).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral:

Este trabalho buscou avaliar as relações entre clima e processos que ocorrem na floresta. O objetivo foi analisar a dinâmica do crescimento diamétrico das árvores e a queda de serrapilheira em três diferentes estágios de regeneração da Mata Atlântica, na estação experimental em São Francisco Xavier, distrito de São José dos Campos.

3.2 Objetivos Específicos:

Os objetivos específicos deste trabalho são:

1. Determinar os picos de crescimento diamétrico das árvores. Buscou-se determinar se na época de maiores chuvas existe um maior crescimento do tronco. Além de comparar o crescimento nas diferentes áreas.
2. Determinar os meses do ano em que ocorre maior queda de serrapilheira.
3. Avaliar se nas épocas em que existe a maior queda de serrapilheira o crescimento do tronco é afetado. Buscou-se determinar uma relação entre crescimento do tronco e queda de serrapilheira.
4. Determinar se a quantidade de chuva está relacionada com a queda de serrapilheira.

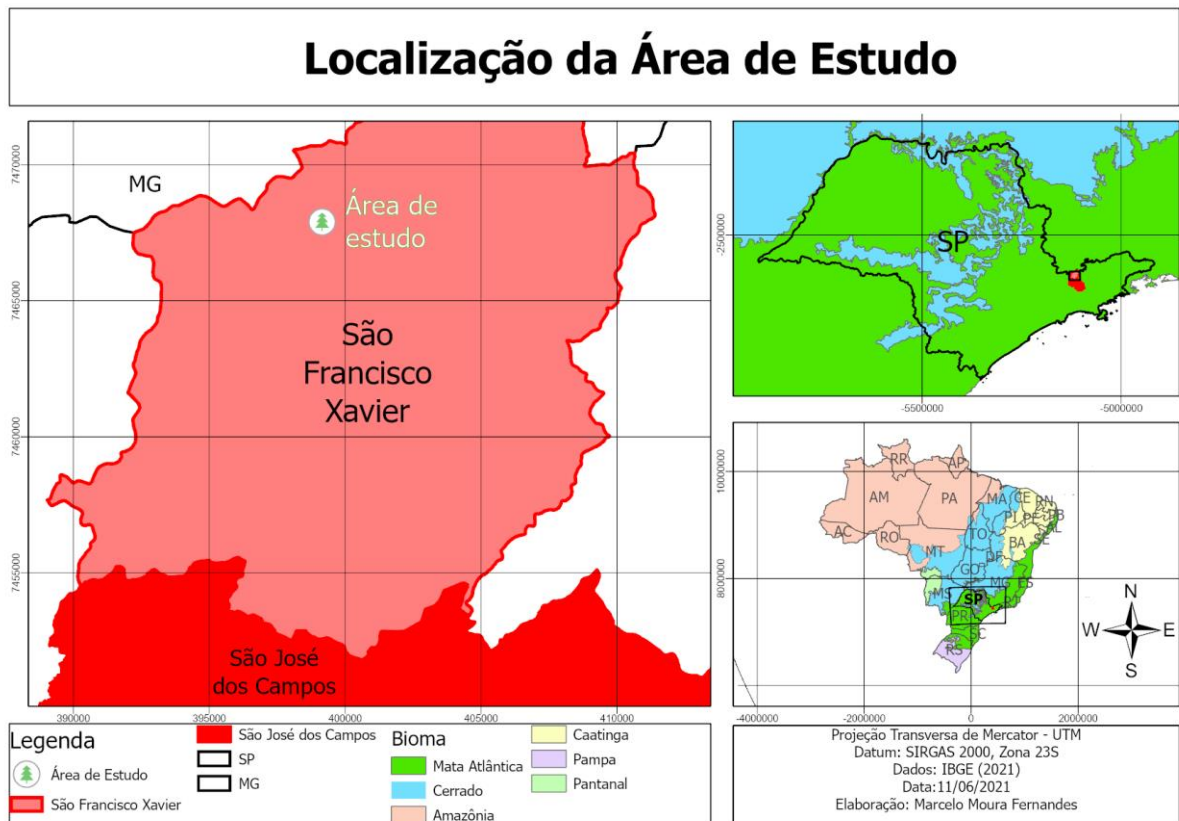
4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

A presente pesquisa foi realizada na Estação Experimental Ecohidrológica de São Francisco Xavier (EEE-SFX), localizada em São Francisco Xavier, um distrito de São José dos Campos, no estado de São Paulo, Brasil. A EEE-SFX foi instalada dentro da propriedade particular denominada Fazenda da Serra e compreende o braço experimental do Laboratório de Ecohidrologia Isotópica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (LabEcoh/INPE). A área de estudo está localizada na Serra da Mantiqueira, a cerca de 1.100 m acima do nível do mar. A região é caracterizada pela presença de remanescentes de Mata Atlântica (DANTAS et al., 2017) e é uma das vertentes da bacia do rio Paraíba do Sul.

O clima da região de estudo é definido como subtropical úmido com inverno seco (KOTTEK et al., 2006) e mês mais frio em julho (temperatura média de 16.4°C; INMET), classificação Köppen Aw. A média anual de chuva é de ~1900 mm (1950–2000 - estação climática código 02245050), com o período chuvoso ocorrendo entre Outubro e Março, onde ocorre ~78.3% (~ 1400 mm) da precipitação anual. A precipitação média do período seco (entre Abril e Setembro) é de ~400 mm, o que representa ~21.7% da precipitação anual (SANTOS et al., 2021).

Figura 1 — Localização da área de estudo na Estação Experimental Fazenda da Serra



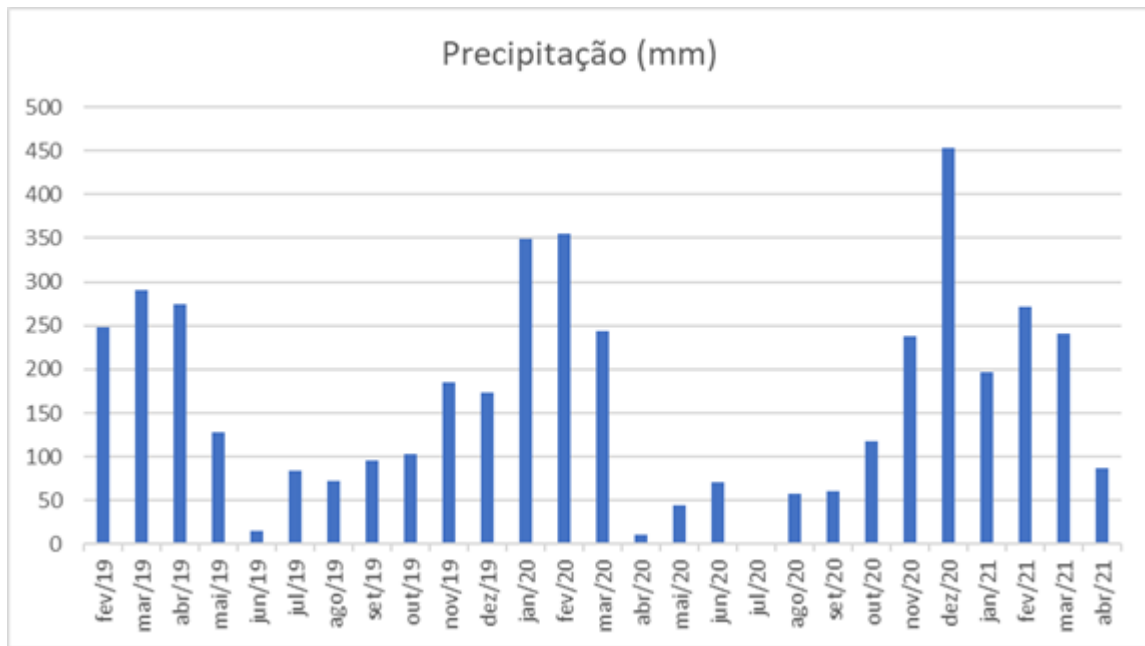
Fonte: Do Autor (2020)

4.2 Precipitação

Na estação experimental Fazenda da Serra foi instalada uma estação meteorológica em Janeiro de 2019 para coleta de diversos dados pelo Laboratório de Ecohidrologia (LabEcoh/CCST-INPE). A estação meteorológica HOBO U30 tem sensores ONSET padrão, com frequência de registro de dados a cada cinco (5) minutos e coleta os dados de: radiação solar; temperatura e umidade do ar; direção e velocidade do vento; pressão barométrica e precipitação com um sensor pluviométrico com escala em milímetros de chuva. Os dados foram coletados a partir de fevereiro de 2019 até abril de 2021.

Para este estudo os dados da precipitação mensal média apresentados na Figura 2 foram utilizados para auxílio da determinação das estações secas e chuvosas. O mês com o maior valor de precipitação foi dezembro de 2020 com 453,6 mm e o mês que menos choveu foi julho de 2020 com 0,8 mm de precipitação. Como é possível observar no gráfico, a estação seca é entre abril e setembro. Já a estação chuvosa é entre outubro e março.

Figura 2 — Precipitação mensal média na área de estudo.



Fonte: LabEcoh/CCST-INPE

4.3 Delineamento experimental

Para o monitoramento do crescimento da vegetação foram amostrados três fragmentos florestais em estado de regeneração distintos: RP — área em regeneração inicial, onde antes era pasto (~5 anos), sendo que esta é uma área ripária, pois se encontra próxima de um rio, R12 — área em regeneração intermediária (12 anos) e R40 — área em regeneração avançada de aproximadamente 40 anos. Em cada uma dessas áreas foram instaladas três parcelas de 10 x 10 m, distantes cerca de 25 m entre si. As parcelas foram dispostas a fim de capturar a heterogeneidade dos fragmentos florestais estudados.

4.3.1 Crescimento diamétrico

Em 30/05/2019 foram instalados 20 (vinte) dendrômetros de fita do modelo EMS-DB20 em cada uma das três áreas — RP, R12 e R40 —, perfazendo um total de 60 (sessenta) dendrômetros (Figuras 3 e 4).

Conforme apresentado em Bandoria (2020), as árvores selecionadas para instalação dos dendrômetros de fita foram árvores com o DAP acima de 10 cm e com altura acima do dossel, recebendo maior insolação. Isso foi feito pelo fato de que no trabalho de Bandoria (2020), o

interesse era analisar a variabilidade do crescimento diamétrico juntamente com a variabilidade dos índices de vegetação (IVs) obtidos por sensoriamento remoto. O CAP das árvores selecionadas variou de 34 a 97 cm e a identificação das árvores com dendrômetros manuais está apresentada no Anexo 1 (Tabela com o número das árvores, a espécie, família e CAP inicial).

O CAP inicial das árvores de estudo foi medido em 22/05/2019. Para a determinação do CAP no mês coletado, as medidas coletadas dos dendrômetros de fita foram somadas ao CAP inicial. Em algumas árvores foi feita a manutenção dos dendrômetros, que consiste em remover a fita metálica antiga e trocar por uma maior, possibilitando a continuidade da medição e evitando o rompimento e perda do dendrômetro. Quando a manutenção era feita, havia uma sinalização na planilha de coleta e as medidas de crescimento diamétrico eram somadas ao CAP da data de manutenção.

O crescimento diamétrico foi monitorado quinzenalmente de junho a dezembro de 2019. Os resultados foram analisados por Bandoria (2020). No presente trabalho, as medidas foram feitas entre janeiro de 2020 a abril de 2021, com coletas de dados mensais (intervalo de dias variando entre 21 e 49 dias, sendo que no mês de setembro de 2020 não houve coleta de dados). O período de coleta de dados foi de 22 meses (junho de 2019 a abril de 2021).

Na continuidade das medidas, alguns dendrômetros se romperam e foram perdidos. Na RP, três (3) dendrômetros foram perdidos em Fevereiro 2020, sendo que dois (2) destes foram encontrados e recolocados nas árvores em Novembro de 2020; dois (2) foram perdidos em Abril de 2020, um (1) foi perdido em Fevereiro de 2021 e dois (2) foram perdidos em Abril de 2021. No total, foram perdidos seis (6) dendrômetros na RP. Na R12, um (1) dendrômetro foi perdido por conta de árvore caída (julho/2020), e outro se rompeu e foi perdido por motivo não identificado (abril/2021). No total, foram perdidos dois (2) dendrômetros na R12. Na R40 nenhum dendrômetro foi perdido.

Figuras 3 e 4 — Dendrômetros de fita.



Fonte: Do Autor (2021)

4.3.2 Queda de serrapilheira

Na mesma data de instalação dos dendrômetros de fita, foi feita a instalação de 10 (dez) coletores de serrapilheira em cada fragmento estudo, totalizando 30 (trinta) coletores. A distribuição nas parcelas foi feita de forma aleatória, porém buscou-se proximidade dos coletores com as árvores monitoradas com dendrômetros. Os coletores são do tipo *bag* construídos com tela de nylon de 2 mm, tendo 1,25 m de altura acima do solo, com área de 0,25 m² (50 x 50 cm) e formando uma bolsa para o acúmulo de serrapilheira de 15 cm de profundidade (Figuras 5 e 6). A queda de serrapilheira foi avaliada quinzenalmente desde junho até dezembro de 2019. Os resultados foram analisados por Bandoria (2020). No presente trabalho, a coleta de dados foi feita de janeiro de 2020 a maio de 2021, com coletas de dados mensais tendo o intervalo de dias entre coletas variando a mesma quantidade de dias.

Os coletores de serrapilheira foram instalados em 22/05/2019, mesma data da medida do CAP das árvores de estudo. Durante o período de coleta de dados a necessidade de manutenção que houve não foi dos instrumentos instalados no campo, diferentemente dos dendrômetros de fita. A única manutenção realizada em campo foi reforçar os números de identificação dos coletores de serrapilheira que estavam com o número quase apagado. Por outro lado, a manutenção dos sacos de papel utilizados para a coleta do material foi feita com regularidade, fazendo a troca de sacos rasgados por novos. Os sacos rasgavam devido à secagem e quando o material colhido estava muito molhado.

A coleta de serrapilheira foi feita com envelopes de papel de aproximadamente 27 gramas (os sacos variam entre 25 e 28 gramas). Depois de cada coleta, os sacos com serrapilheira foram colocados em estufa a 70° C por 48 h para secagem. Ao final do tempo de secagem a estufa é aberta e fica por uma hora assim para a estabilização da temperatura. Posteriormente, tarou-se a balança com um saco e os sacos com a serrapilheira são pesados com uma balança de precisão modelo Kern PCD com três casas de precisão e o conteúdo é descartado. Os resultados obtidos são a massa da serrapilheira em cada amostra.

Figura 5 e 6 — Coletores de serrapilheira.



Fonte: Do Autor (2021)

4.4. Processamento dos dados

4.4.1 Precipitação

Os dados de precipitação mensal foram utilizados para a determinação da estação chuvosa e estação seca. Ao dividir o ano em duas estações com seis (6) meses cada uma, a estação chuvosa representa os meses de outubro a março e a estação seca os meses de abril a setembro.

4.4.2 Crescimento diamétrico

As análises dos dados de crescimento diamétrico compreenderam: i) crescimento diamétrico mensal (CDM); ii) crescimento diamétrico acumulado (CDA, ao longo de todo o período de coleta para cada área de estudo). Foram feitos dois (2) cálculos de CDA, considerando o crescimento com e sem indivíduos perdidos, sendo que o CDA apresentado nos resultados considera os indivíduos que tiveram os dendrômetros perdidos. O CDA final representa resultado final do crescimento diamétrico acumulado; iii) análise da soma dos crescimentos diamétricos em cada estação — chuvosa e seca — representado pelo crescimento diamétrico acumulado sazonal (CDASaz); iv) crescimento diamétrico por espécie, em cada parcela (CDEsp). O método para análise do crescimento por estação foi realizado em outros trabalhos (p.e., GOMES et al., 2008; CORDEIRO; SCHWARTZ; BARROS, 2020), e neste estudo foi feito de acordo com a seguinte equação:

$$\text{CDASaz} = \sum \text{MÊS (análise)} - \text{MÊS (anterior)}$$

O crescimento diamétrico mensal de cada árvore foi calculado pela diferença entre o CAP do mês de análise e o CAP do mês anterior, sendo o crescimento diamétrico mensal (CDM) a soma do crescimento mensal de todas as árvores em cada área de estudo. O crescimento diamétrico acumulado (CDA) foi feito somando o CDM do mês anterior ao CDM do mês de análise. O crescimento diamétrico sazonal (CDASaz) foi calculado pela soma do crescimento diamétrico mensal (CDM) dos meses referentes a cada estação. O crescimento diamétrico por espécie (CDEsp) foi calculado através da média do CDA final das espécies que ocorrem mais de uma vez por área, tendo como base a tabela de espécies apresentada no Anexo 1 (Tabela 1 a 3). Por fim, foi feita a comparação do crescimento das espécies que ocorrem em mais de uma área. Para efeito de comparação, foi realizada a média dos crescimentos diamétrico acumulados finais dos indivíduos das espécies comuns às três áreas e que ocorrem mais de uma vez em cada área. Os dados foram tratados com o Microsoft Excel.

4.4.3 Queda de Serrapilheira

As análises feitas com os dados adquiridos da queda de serrapilheira foram: i) massa média de queda de serrapilheira (com o desvio padrão) de acordo com a data de coleta (MMSC); ii) massa média de queda de serrapilheira por dia (MMSD); iii) massa média de queda de serrapilheira por mês (MMSM); iv) média anual de produção de serrapilheira (MAPS)

A primeira análise dos dados foi realizada utilizando a massa média de queda de serrapilheira com o desvio padrão em cada área de estudo de acordo com a data de coleta (MMSC). Com a massa média de queda de serrapilheira e sabendo o intervalo de dias entre as datas de coleta foi possível calcular a massa média de queda de serrapilheira por dia (MMSD), de acordo com a data de coleta. A partir dos resultados da massa média de queda de serrapilheira por dia foi feito o cálculo da massa média de queda de serrapilheira por mês (MMSM). Essa análise foi feita multiplicando a massa média de queda de serrapilheira por dia pela quantidade de dias desde o começo do mês até a data de coleta. Os dias do mês posteriores à data de coleta utilizam a massa média de queda de serrapilheira por dia da coleta subsequente, multiplicando-a pelo número de dias a partir do dia seguinte da coleta até o último dia do mês.

A média anual de produção de serrapilheira (MAPS) foi calculada a partir da massa média de queda de serrapilheira por mês. A MAPS é igual ao somatório da massa média de queda de serrapilheira por mês (MMSM) multiplicado por 10.000 (1 hectare) dividido pela área do coletor (AC) como demonstra a fórmula a seguir: $MAPS = (\sum MMSM * 10.000) / AC$. Os dados foram tratados com o Microsoft Excel.

4.4.4 Relação Entre Crescimento Diamétrico e Queda de Serrapilheira

Para a análise da relação entre crescimento diamétrico e queda de serrapilheira, serão comparados os valores dos dados de crescimento diamétrico mensal (CDM) e massa média de queda de serrapilheira por mês (MMSM) através de um gráfico. Nesse gráfico será analisado se os picos de queda de serrapilheira fizeram com que o crescimento do tronco fosse afetado, ou seja, ficasse menor no mês do pico ou nos meses seguintes.

4.4.5 Relação Entre Precipitação e Queda de Serrapilheira

Para que a análise da relação entre precipitação e queda de serrapilheira fosse feita os dados de precipitação mensal e massa média de queda de serrapilheira por mês (MMSM) foram utilizados. A precipitação e MMSM foram colocadas no mesmo gráfico para uma comparação entre os valores. Foi analisado se a precipitação afetou a queda de serrapilheira de alguma forma.

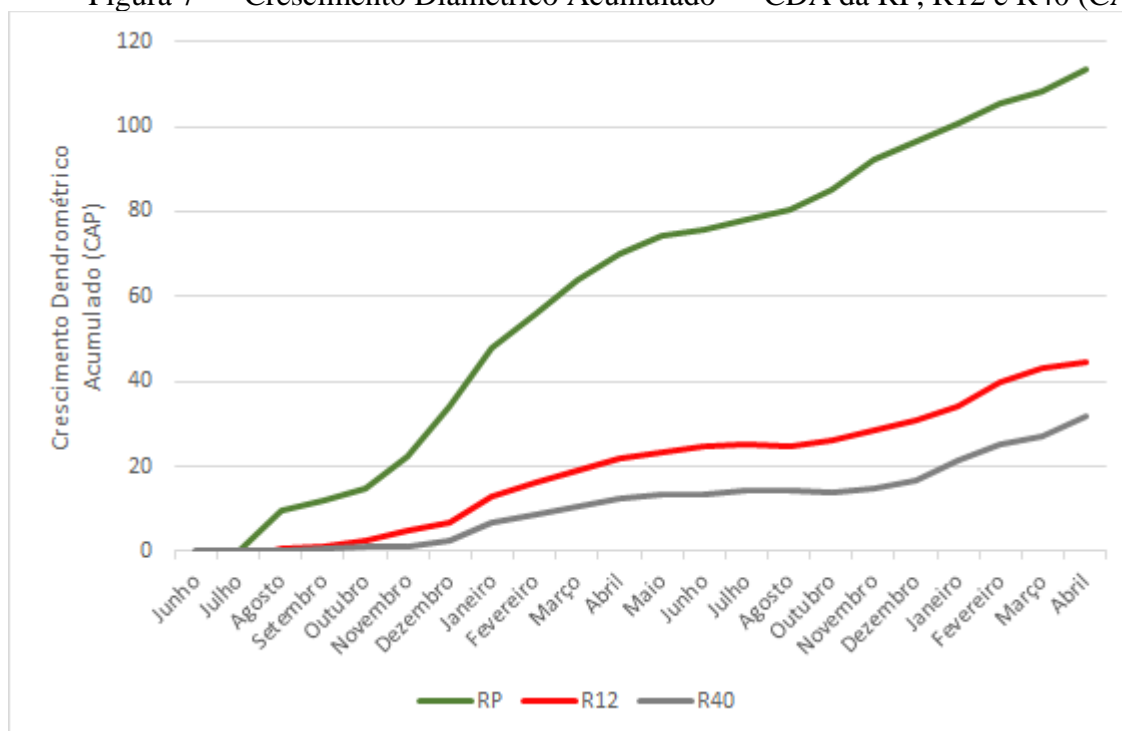
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão expostos e discutidos os resultados gerais de cada análise proposta. Os resultados dos crescimentos diamétrico serão expostos primeiro (Seções 5.1. a 5.3.), a comparação entre o crescimento diamétrico mensal e precipitação (Seção 5.4.) e depois os resultados da queda de serrapilheira serão apresentados (Seção 5.5.). Por último serão apresentadas as comparações entre queda de serrapilheira e precipitação (Seção 5.6.) e crescimento diamétrico e queda de serrapilheira (Seção 5.7.).

5.1 Crescimento Diamétrico Acumulado — CDA

O crescimento diamétrico acumulado (CDA, Fig. 7) para cada área de estudo (RP, R12 e R40) mostra em destaque o crescimento do tronco da área RP em relação às demais áreas monitoradas. Enquanto o CDA da RP foi de 113,2 cm ao longo dos 22 meses de coleta de dados, o CDA da R12 foi de 44,8 cm e o da R40 foi de 31,8 cm. O CDA da RP foi mais de 3 vezes maior que o CDA da R40.

Figura 7 — Crescimento Diamétrico Acumulado — CDA da RP, R12 e R40 (CAP)



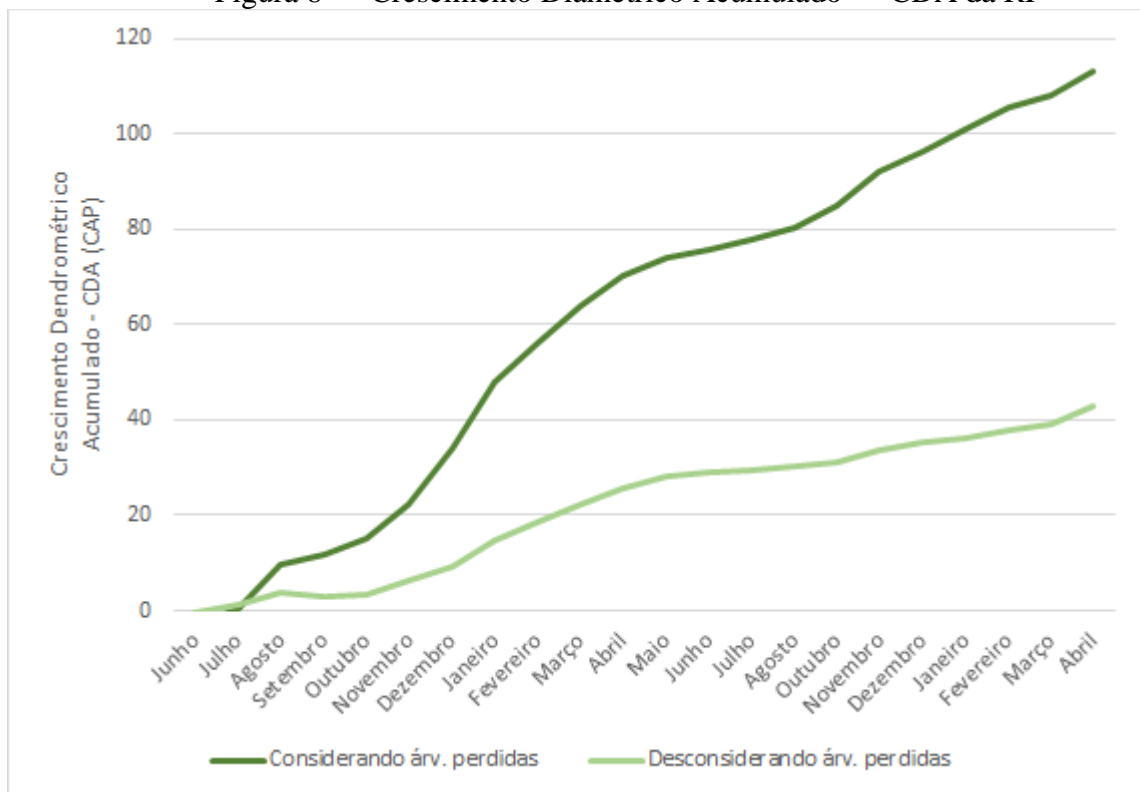
Fonte: Do Autor (2021)

Os resultados a seguir (Figuras 8, 9 e 10) apontam o crescimento diamétrico acumulado (CDA) para cada estágio de regeneração separadamente. É importante mencionar que apenas

na RP e na R12 foram apresentados 2 CDAs (Figuras 8 e 9). O CDA que considera os dados de todas as árvores — até quando as medidas foram obtidas — é o mesmo do gráfico acima (Figura 7) e é apresentado como: “Considerando árv. perdidas”. O outro CDA foi obtido considerando-se apenas os indivíduos que tiveram medidas ao longo de todo o período, sendo apresentado como: “Desconsiderando árv. perdidas”. São desconsiderados os dados de oito (8) árvores de estudo da RP, que tiveram os dendrômetros perdidos — mesmo que por alguns meses — e os dados de duas (2) árvores da R12, uma que caiu e outra que o dendrômetro foi perdido (na última data de coleta). Na R40 não houve perda do dendrômetro de nenhuma árvore (Figura 10).

Os resultados foram dispostos separadamente para evidenciar que o período de maior crescimento do tronco coincide com a estação chuvosa em todas as áreas de estudo. Apesar dos crescimentos estarem em escalas diferentes, os picos de crescimento do tronco começam entre outubro a dezembro e crescem de forma mais rápida — lembrando um crescimento exponencial — até final de abril.

Figura 8 — Crescimento Diamétrico Acumulado — CDA da RP

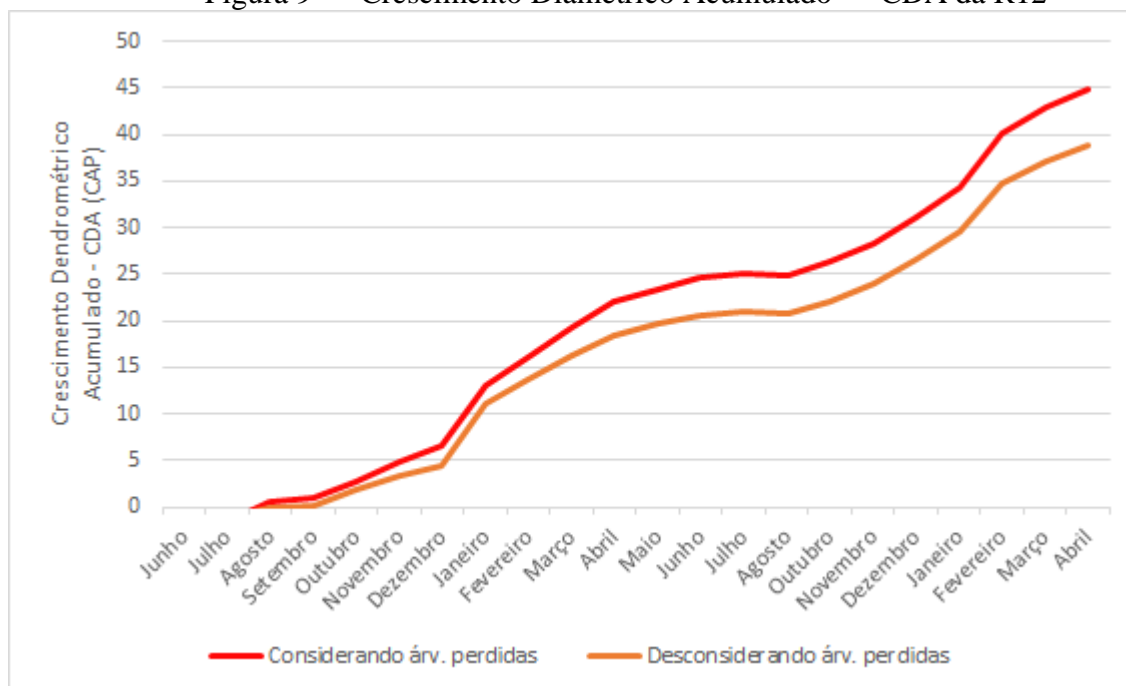


Fonte: Do Autor (2021)

É possível observar na Figura 8, analisando separadamente o CDA que considera as árvores perdidas, que o período do primeiro pico de crescimento foi entre outubro e novembro. O pico de crescimento no segundo período chuvoso (outubro de 2020 a abril de 2021) não foi tão acentuado quanto o crescimento da primeira estação chuvosa. A perda dos dendrômetros pode ser ocasionada por falta de manutenção, por um crescimento muito rápido do tronco ou até pela passagem de animais pelas áreas, fazendo com que os dendrômetros se rompam. Uma das possíveis explicações para a diferença entre esses crescimentos é que as árvores que mais crescem são as árvores mais propensas a perderem os dendrômetros. As explicações para a queda acentuada do crescimento diamétrico da RP no segundo período chuvoso são abordadas nas seções 5.2. e 5.3.

A curva de CDA que desconsidera as árvores perdidas na RP considera os dados de apenas 60 % do total das árvores dessa área de estudo. Apesar de considerar um pouco mais da metade das árvores da área de estudo, o crescimento diamétrico acumulado final considerando as árvores perdidas é quase três (3) vezes maior quando comparado ao CDA final desconsiderando as árvores perdidas.

Figura 9 — Crescimento Diamétrico Acumulado — CDA da R12



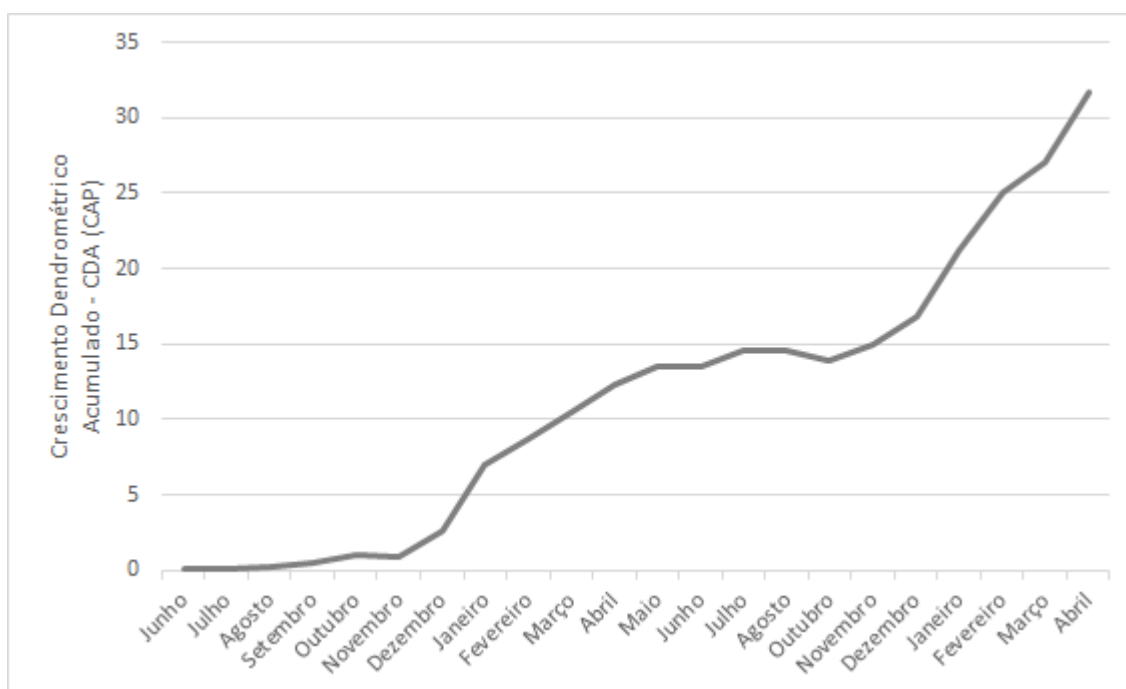
Fonte: Do Autor (2021)

Na Figura 9 é possível observar que o pico de crescimento da primeira estação chuvosa começa entre novembro e dezembro de 2019 e o segundo pico em outubro de 2020. Vale ressaltar que no mês de setembro não houve coleta de dados, sendo que o período entre as datas

de coleta de agosto a outubro de 2020 foi de 40 dias e a coleta entre outubro a novembro demorou 49 dias.

As curvas de CDA considerando e desconsiderando as árvores perdidas não tiveram uma diferença relevante nos picos de crescimento, nem no CDA final. Isso acontece, pois somente 2 árvores foram desconsideradas no segundo gráfico, além das árvores da R12 terem um crescimento menos acelerado que as árvores da RP.

Figura 10 — Crescimento Diamétrico Acumulado - CDA da R40



Fonte: Do Autor (2021)

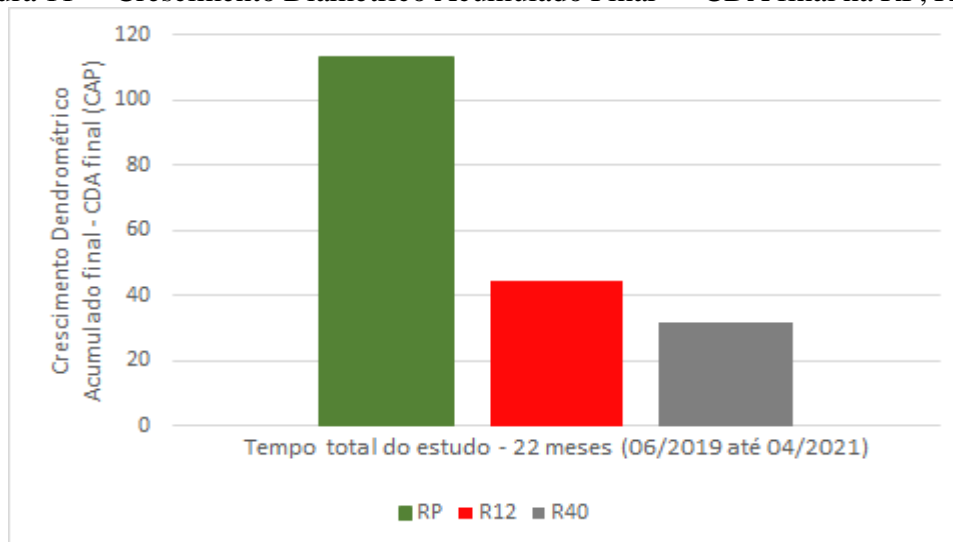
Os dois picos de crescimento das árvores da R40 estão muito bem definidos. Eles começam entre novembro e dezembro e vão até abril, começando a crescer de forma mais acelerada um ou dois meses após o início da estação chuvosa (outubro). É possível observar uma estabilidade do crescimento nos períodos de seca. Como revelado na Figura 10, não foi perdido nenhum dendrômetro de fita na R40.

As últimas três (3) figuras (Figuras 8 a 10) demonstram que o começo do crescimento mais acentuado decorrente do começo da precipitação começa, na RP, no mesmo mês do início da estação chuvosa. Já na R12 e R40 o início do crescimento é dois (2) meses depois do início da estação chuvosa. Vale ressaltar que na RP grande parte das árvores de estudo tem um baixo CAP. A variação do início do crescimento diamétrico provocado pelo começo da estação chuvosa é explicada por um estudo realizado na Amazônia. Esta pesquisa apontou que a

resposta — provocada pelo início da época chuvosa — do crescimento diamétrico nas árvores de menor diâmetro ocorreu antes do aumento do crescimento das árvores de maior diâmetro (SILVA et al., 2003).

A Figura 11 aponta os crescimentos diamétricos acumulados finais de todas as áreas de estudo sem levar em consideração os meses, sendo uma forma diferente de analisar os dados, evidenciando a diferença no crescimento total entre as áreas.

Figura 11— Crescimento Diamétrico Acumulado Final — CDA final na RP, R12 e R40

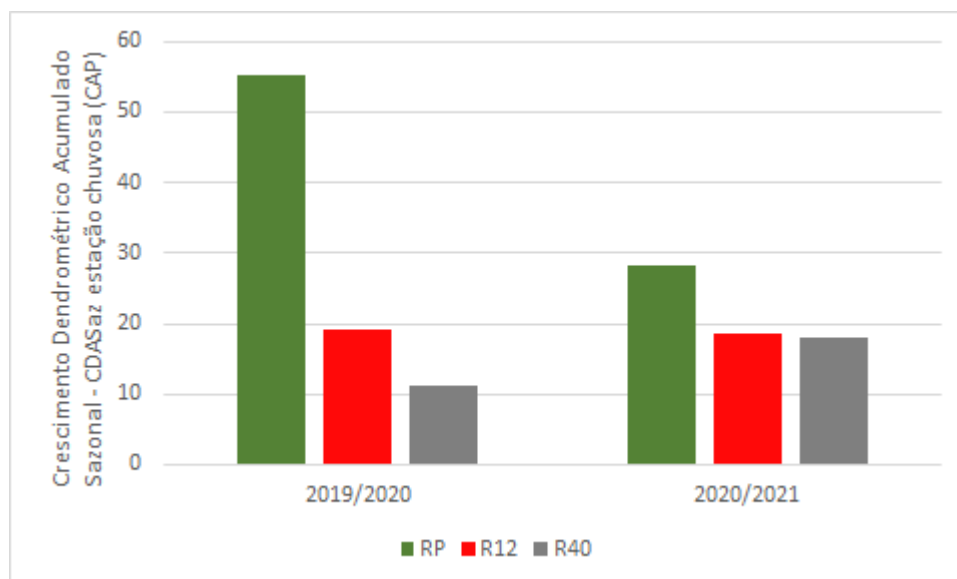


Fonte: Do Autor (2021)

5.2 Crescimento Diamétrico Acumulado Sazonal — CDASaz

A seguir serão expostos os resultados das análises feitas do crescimento diamétrico acumulado sazonal (CDZSaz).

Figura 12 — Crescimento Diamétrico Acumulado Sazonal — estação chuvosa



Fonte: Do Autor (2021)

A Figura 12 abrange as estações chuvosas (outubro a abril) dos períodos de 2019-2020 e 2020-2021. É observado um crescimento maior da RP em comparação às outras áreas de estudo, principalmente na primeira estação chuvosa. O segundo CDASaz da RP foi muito menor que o primeiro, o que pode ter acontecido pela combinação de 2 motivos.

O primeiro motivo é que no começo de 2021 as chuvas na área foi muito acima do normal, o que fez com que o nível do lençol freático na área de estudo, que é uma área ripária, subisse consideravelmente, prejudicando a respiração das raízes e consequentemente prejudicando também o crescimento do tronco. Esse motivo é melhor discutido na Seção 5.3., em que os crescimentos diamétricos mensais foram comparados com a precipitação.

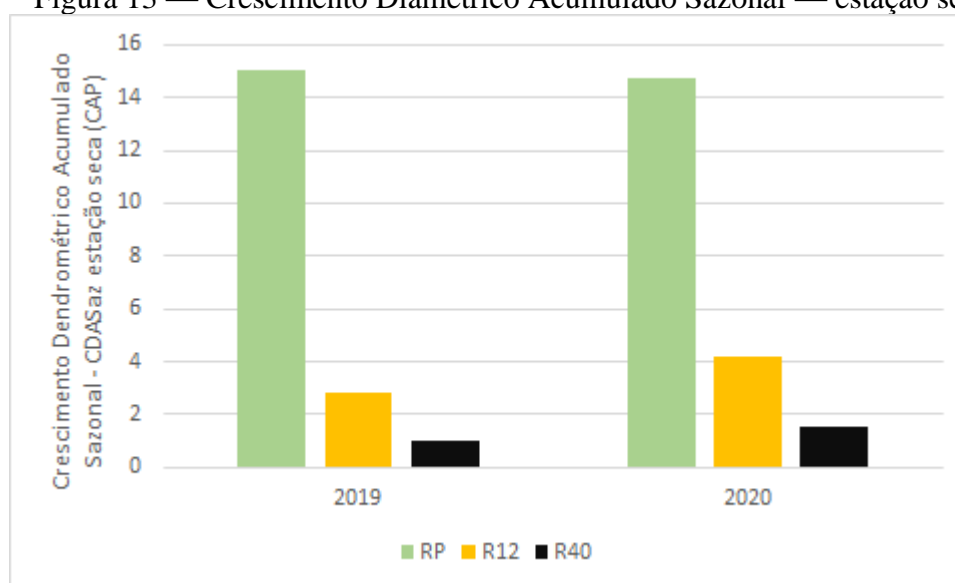
O segundo motivo pode ter sido a perda dos dendrômetros em três (3) das árvores de estudo no final do primeiro período chuvoso em 2020 — um (1) em fevereiro e dois (2) em abril de 2020 —, além da perda de mais três (3) dendrômetros no segundo período chuvoso — um (1) em fevereiro e dois (2) em abril de 2021. A soma das três (3) árvores que tiveram os dendrômetros perdidos no final do primeiro período chuvoso tiveram, juntas, o CDASaz de mais de 10 cm em CAP, portanto a perda dessas árvores para o segundo período chuvoso pode ter tido uma contribuição significativa para a diminuição no segundo CDASaz.

Um estudo realizado em 1970 na Amazônia identificou que o mês do pico de crescimento varia entre algumas espécies. Moraes observou que algumas espécies têm o pico de crescimento em dezembro, outras em janeiro ou fevereiro, enquanto outras têm o pico de crescimento em abril (MORAES, 1970). Os diferentes meses de picos de crescimento entre

espécies explicam a variação dos meses em que os dendrômetros foram perdidos. É provável que a perda dos dendrômetros nas árvores de estudo tenha ocorrido no período de maior crescimento mensal da espécie.

Os dados revelam que durante as estações chuvosas o crescimento do tronco foi muito alto quando comparado ao crescimento diamétrico acumulado final. Na RP o crescimento durante duas as estações chuvosas representa 73,7% do total, na R12 a porcentagem do crescimento nas estações chuvosas comparada ao total é 84,4%, enquanto na R40 esse valor é 91,9%.

Figura 13 — Crescimento Diamétrico Acumulado Sazonal — estação seca



Fonte: Do Autor (2021)

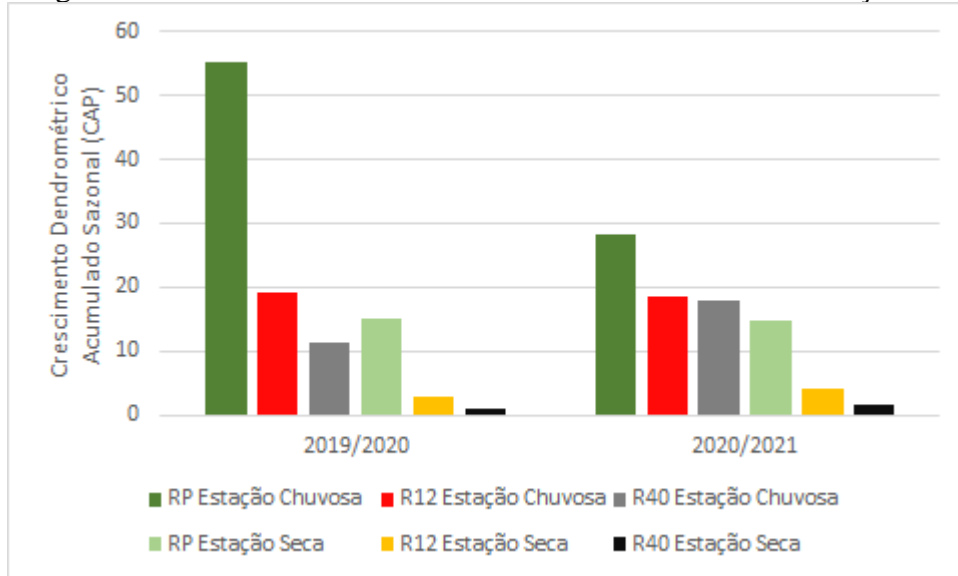
Vale ressaltar que a estação seca não possui o crescimento diamétrico do primeiro mês da estação, que é o crescimento de abril de 2019, devido a instalação dos dendrômetros de fita ter sido em maio de 2019. Vale pontuar também que a escala da Figura 13 está em uma escala diferente da escala adotada na Figura 12.

Os crescimentos foram semelhantes nos dois (2) períodos de estação seca. A RP cresceu muito mais que as outras áreas, aproximadamente quatro (4) vezes mais que a R12 e mais de sete (7) vezes que a R40. Diferentemente da estação chuvosa, é possível afirmar que na estação seca a perda dos dendrômetros das três (3) árvores de estudo não tiveram um impacto relevante na estação seca de 2020.

A seguir na Figura 14, é apresentado o crescimento diamétrico acumulado sazonal com todas as estações juntas e na mesma escala. Nele é possível observar o que foi discutido

anteriormente analisando melhor os dados na mesma escala. A Figura 13 está disposta com as 3 primeiras colunas da estação chuvosa de cada área, e as 3 seguintes são da estação seca. Essa ordem se repete no segundo ciclo de estações.

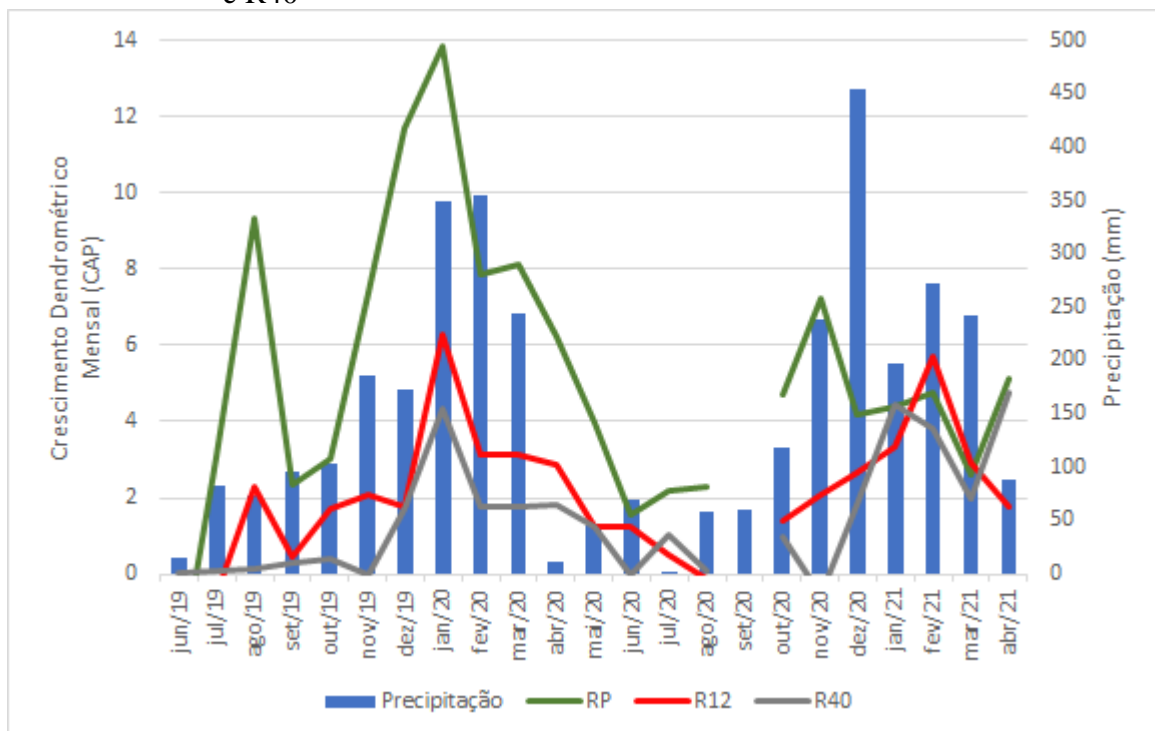
Figura 14 — Crescimento Diamétrico Acumulado Sazonal - estação chuvosa e seca



Fonte: Do Autor (2021)

5.3 Comparação Entre Crescimento Diamétrico e Precipitação

Figura 15— Comparação entre Crescimento Diamétrico Mensal e Precipitação na RP, R12 e R40



Fonte: Do Autor (2021)

A Figura 15 compara o crescimento diamétrico mensal (CDM) com a precipitação mensal. Dessa forma é possível observar os meses em que o crescimento diamétrico mensal foi maior e comparar com a precipitação mensal. Assim como as Figuras 25 a 27 da seção 5.6., o crescimento diamétrico mensal para o mês de setembro de 2020 não foi calculado devido a ausência de coleta de dados neste mês.

É possível observar os meses em que o crescimento diamétrico mensal foi maior em cada área de estudo. Na RP os meses com maior CDM começaram em novembro e foram altos até abril. Na R12 os meses com maior CDM também começaram em outubro e foram até abril, sendo que os crescimentos nessa área foram menores que na RP. Na R40 o CDM começou a ser significativo a partir de dezembro, ficando em um patamar elevado para a área até abril. Em todas as áreas de estudo o pico de maior CDM foi no mês de janeiro e os crescimentos foram elevados até abril — final da estação chuvosa. Vale apontar que na segunda estação chuvosa a RP teve o maior CDM em novembro e na R12 o pico variou de janeiro para fevereiro.

Analisando a segunda estação chuvosa (Figura 15), é possível entender os resultados apontados na Figura 12, em que o crescimento diamétrico da RP na segunda estação chuvosa foi consideravelmente menor que o crescimento na primeira estação chuvosa. Esse gráfico demonstra a precipitação acima da média em dezembro de 2020, que é um dos motivos da diminuição do crescimento mensal da RP e de não ter existido um pico em janeiro ou fevereiro de 2021. Como foi dito na discussão da Figura 12 da seção 5.2., a precipitação da segunda estação chuvosa na área de estudo foi muito intensa, fazendo com que o nível do lençol freático na RP subisse muito, já que a RP é uma área ripária (próxima de um rio) — os dados do sensor que mede o nível do lençol freático na área apontaram que o nível do lençol freático estava a pouco mais de um (1) metro abaixo do solo.

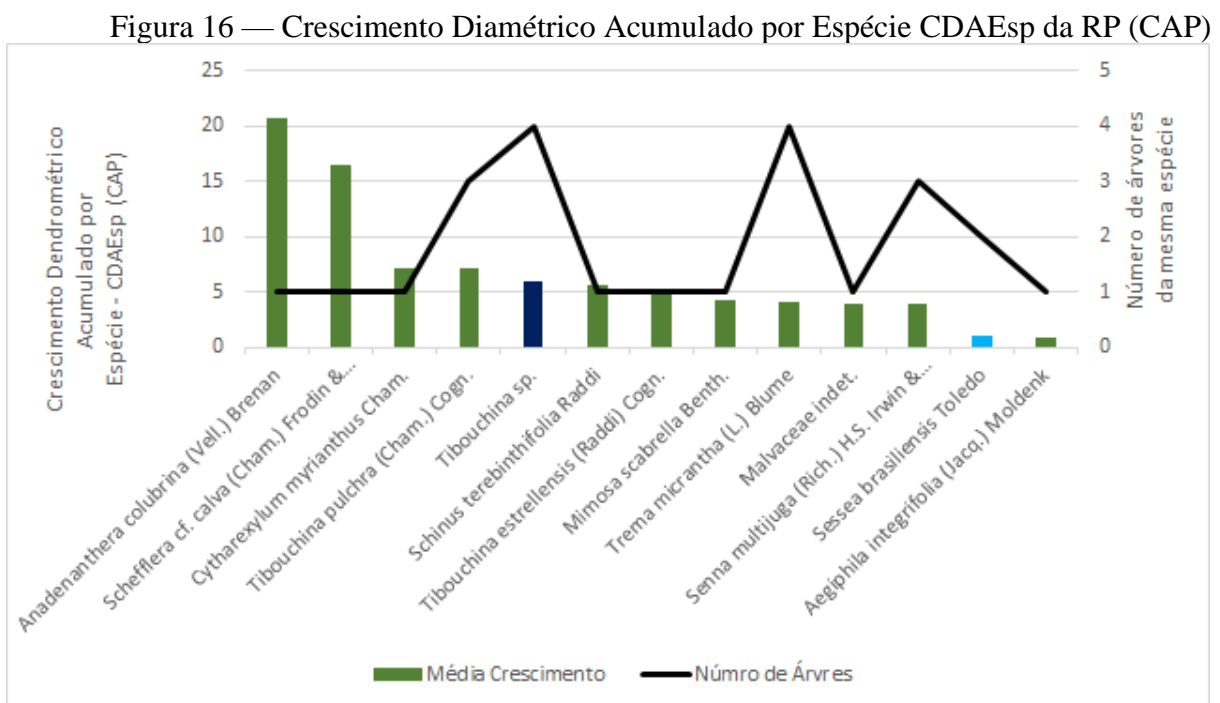
Essa explicação é sustentada pelo estudo de Machado (2019) sobre o crescimento diamétrico em floresta de várzea. Ele encontrou um baixo crescimento nas árvores com CAP menor que 94 cm (DAP menor que 30 cm) — abrangendo todas as árvores da RP — no período de maiores chuvas e inundações. Ele também observou que essas árvores tiveram um maior crescimento no período de seca posterior às inundações — o que esse estudo não pode demonstrar, já que o período seco depois da elevação significativa do lençol freático na RP vai de maio a setembro de 2021 e a última coleta de dados foi em abril de 2021.

Nas áreas que não são próximas do rio — R12 e R40 — a precipitação acima da média não afetou negativamente o crescimento diamétrico mensal. Na R40, essa precipitação fez com

que o crescimento diamétrico da segunda estação chuvosa fosse maior que da primeira, como demonstrado na Figura 12.

5.4 Crescimento Diamétrico Acumulado por Espécie – CDAEsp

A seguir as Figuras 16 a 18 apresentam o crescimento diamétrico acumulado por espécie, de cada área de regeneração. As linhas pretas apontam o número de árvores de estudo da mesma espécie que ocorrem na área. A cor da maioria das colunas representa a cor padrão que cada estágio de regeneração foi representado. As cores das colunas diferentes umas das outras representam as espécies comparadas (na Figura 19) que ocorrem em mais de uma área de estudo. As cores azul escuro, azul claro, roxo e amarelo representam respectivamente as espécies ou gêneros: *Tibouchina* sp.; *Sessea brasiliensis* Toledo; *Alchornea* sp.; *Venonanthura petiolaris* (DC.) H. Rob..



Fonte: Do Autor (2021)

A Figura 16 demonstra que o crescimento diamétrico acumulado de duas (2) espécies na área de estudo da RP foi muito maior que o crescimento das demais espécies. As árvores que tiveram os maiores crescimentos 20,68 cm e 16,44 cm respectivamente foram: *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan e *Schefflera cf. calva* (Cham.) Frodin & Fiaschi. A *Anadenanthera colubrina* perdeu o dendrômetro em fevereiro de 2020 e teve o dendrômetro recolocado em novembro de 2020, tendo o CAP medido antes de recolocar o dendrômetro — nesse tempo ela

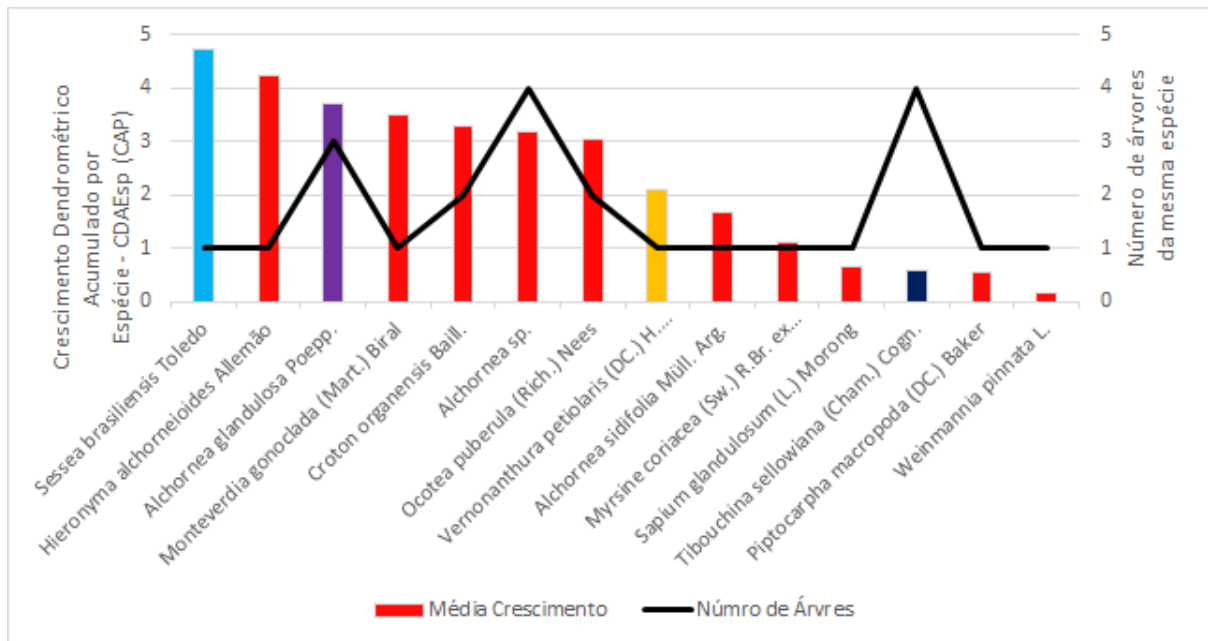
creceu 6,78 cm. Já a *Schefflera cf. calva* teve o dendrômetro perdido somente em abril de 2021 — última data de coleta de dados e a última medida da régua era de 7,24cm (72,4 mm).

As espécies das árvores de estudo que mais ocorreram na área foram: *Trema micrantha* (L.) Blume com quatro (4) indivíduos; *Tibouchina pulchra* (cham.) Cogn. e *Senna multijuga* (Rich.) H.S. Irwin & Barneby com três (3) indivíduos cada.

Outra informação relevante a ser pontuada é sobre a *Tibouchina* sp.. Na RP ocorrem duas espécies diferentes do gênero da *Tibouchina*, três (3) *Tibouchina pulchra* (cham.) Cogn. e uma (1) *Tibouchina estrellensis* (Raddi) Cogn., elas foram agrupadas como *Tibouchina* sp, para comparar com as demais áreas de estudo. Essas duas espécies têm crescimentos acumulados muito diferentes o que pode ser devido ao CAP inicial da *Tibouchina estrellensis* ser de 69 cm, enquanto os CAPs iniciais dos indivíduos de *Tibouchina pulchra* são todos menores que 50 cm (48; 46,2 e 34 cm).

Comparando a Figura 16 com as demais análises de crescimento diamétrico acumulado por espécie (Figuras 17 e 18) é notável a diferença de escala entre o gráfico da RP com as demais. Isso se deve ao crescimento elevado das duas espécies apontadas anteriormente, se não fosse por elas, as escalas seriam semelhantes. Outro ponto interessante sobre o crescimento na RP é que apenas sete (7) árvores de estudo — 35 % — tiveram o crescimento acumulado menor que 4 cm. O CDAEesp na RP foi alto e constante — aproximadamente entre 7 e 4. Na R12 apenas duas (2) árvores de estudo tiveram o crescimento acumulado maior que 4, ou seja, 90 % das árvores tiveram o crescimento menor que 4 cm. Já na R40 uma única árvore de estudo teve o crescimento acumulado maior que 4 cm, sendo o crescimento acumulado de 95 % das árvores menor que 4 cm.

Figura 17— Crescimento Diamétrico Acumulado por Espécie CDAEsp da R12 (CAP)

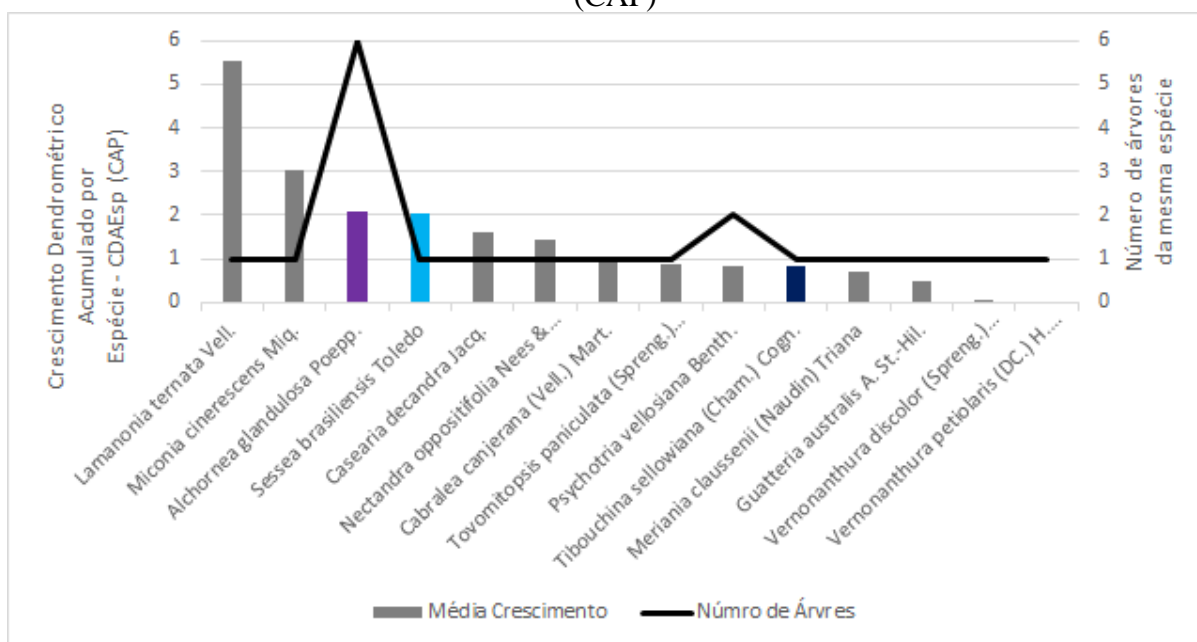


Fonte: Do Autor (2021)

A Figura 17 demonstra que não existe nenhum crescimento diamétrico acumulado por espécie muito discrepante na R12. As espécies das árvores de estudo que mais ocorreram foram a *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn. — quatro (4) indivíduos — e a *Alchornea glandulosa* Poepp. — três (3) indivíduos.

Vale pontuar que os quatro (4) indivíduos de *Tibouchina sellowiana* (cham.) Cogn. presentes na R12 foram apresentados como *Tibouchina* sp. e a medida os três (3) indivíduos de *Alchornea glandulosa* foram agrupadas com a medida do indivíduo de *Alchornea sidiflora* Müll. Arg. para serem apresentados no gráfico de comparação entre espécies como *Alchornea* sp. (Figura 19).

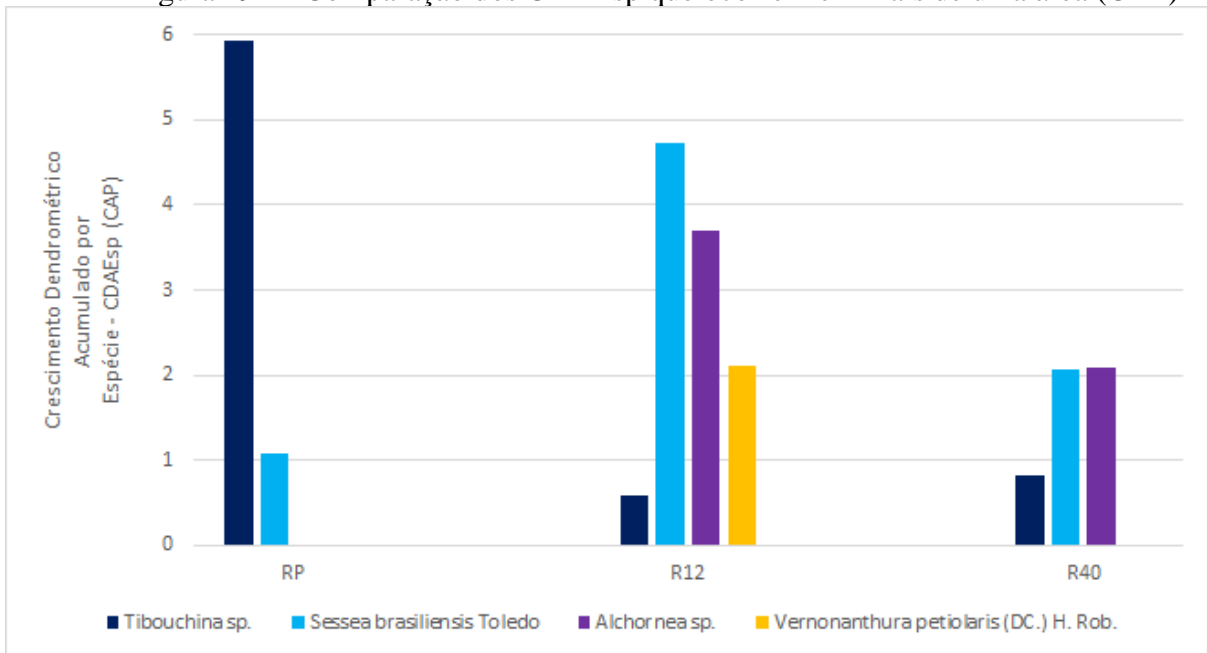
Figura 18 — Crescimento Diamétrico Acumulado por Espécie CDAEsp da R40 (CAP)



Fonte: Do Autor (2021)

A Figura 18 expõe que apenas dois indivíduos tiveram o crescimento diamétrico acumulado maior que 3 cm. Esse fato enfatiza o baixo crescimento das árvores da R40. Houve até um crescimento negativo (-0,8 cm) nesta área que foi da *Vernonanthura petiolaris* (DC.) H. Rob., sendo esse o motivo da coluna dela não aparecer no gráfico. As espécies das árvores de estudo que mais ocorreram foram: *Alchornea glandulosa* Poepp. com seis (6) indivíduos e *Psychotria vellosiana* Benth. com dois (2) indivíduos. A *Alchornea glandulosa* Poepp. foi exposta como *Alchornea* sp. para comparação entre as espécies que ocorrem em mais de uma área (Figura 19).

Figura 19 — Comparação dos CDAEsp que ocorrem em mais de uma área (CAP)



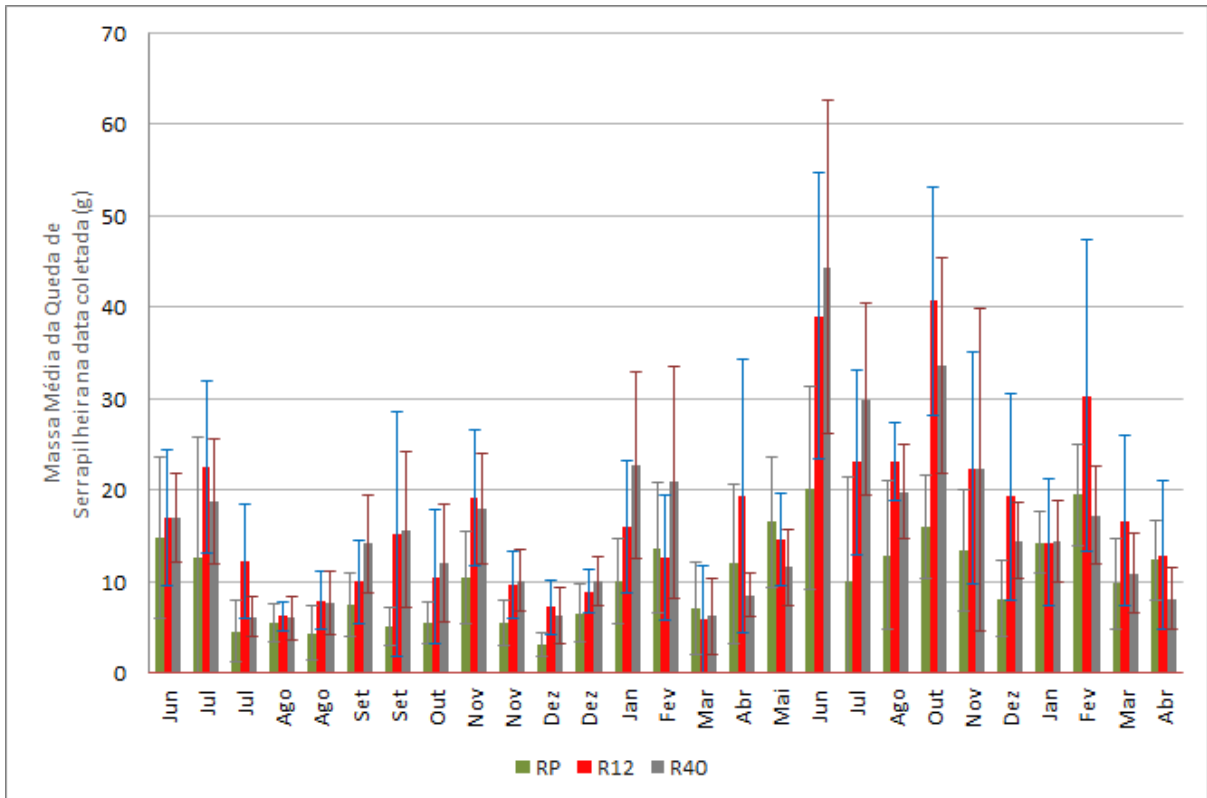
Fonte: Do Autor (2021)

A Figura 19 faz a comparação entre o crescimento diamétrico acumulado das espécies que ocorrem em mais de uma área de estudo. É possível observar que três (3) das quatro (4) espécies que ocorrem ao mesmo tempo na R12 e R40 crescem mais na R12, a exceção é a *Tibouchina* sp., que cresce mais na R40. A *Tibouchina* sp. cresceu mais de 6 vezes na RP em comparação às outras áreas. Já a *Sessea brasiliensis* cresceu menos da metade na RP comparado ao crescimento da R40, e na R12 ela cresceu quatro vezes mais do que na RP.

5.5 Queda de Serrapilheira

A Figura 20 expõe o resultado da massa média de queda de serrapilheira de acordo com a data de coleta e apresenta o desvio padrão em cada data coletada. As linhas que ultrapassam as colunas para cima e para baixo são os desvios padrões. Nos primeiros seis (6) meses de estudo realizado por Bandoria (2020) as coletas eram a cada 15 dias. Isso dificultou a análise dos picos de queda de serrapilheira ao analisar os dados desta forma.

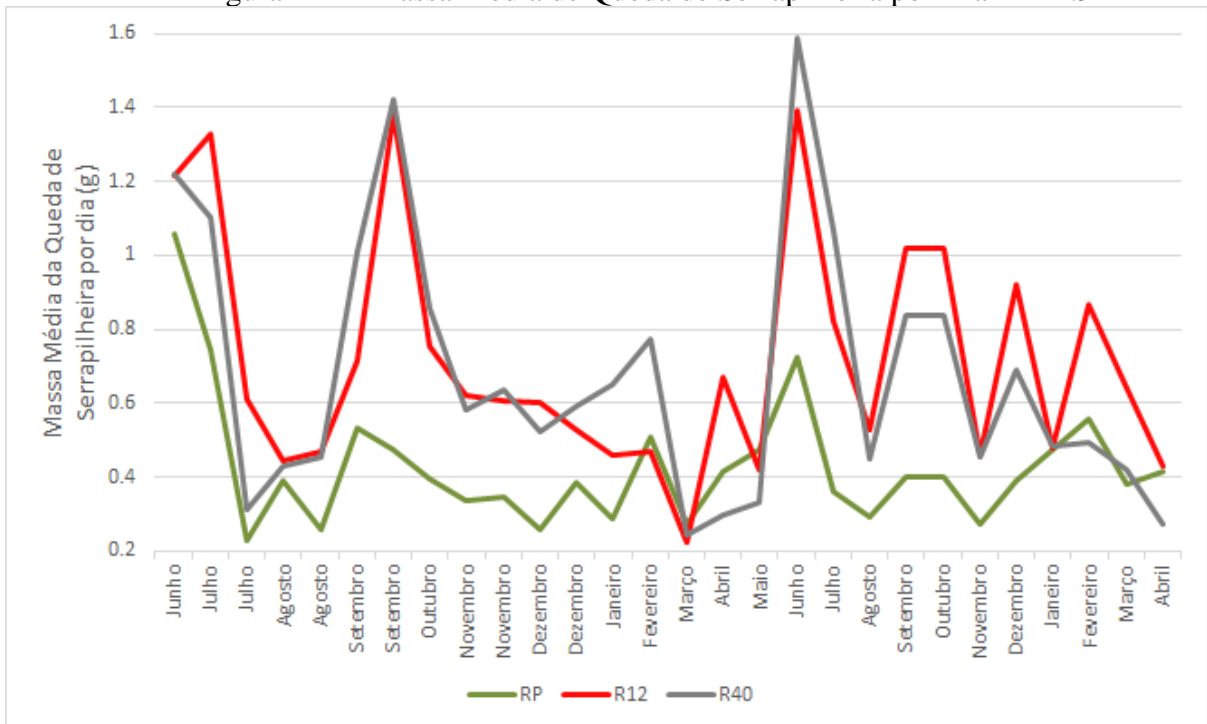
Figura 20 — Massa Média de Queda de Serrapilheira de acordo com a data de coleta - MMSC



Fonte: Do Autor (2021)

A Figura 21 aponta os dados da massa média de queda de serrapilheira por dia de acordo com a data coletada. Com esse resultado é possível observar alguns picos de queda de serrapilheira nas datas coletadas nas áreas de estudo. Os resultados obtidos com essa análise serviram como base para a construção da Figura 22, em que se pode observar com maior clareza esse fenômeno

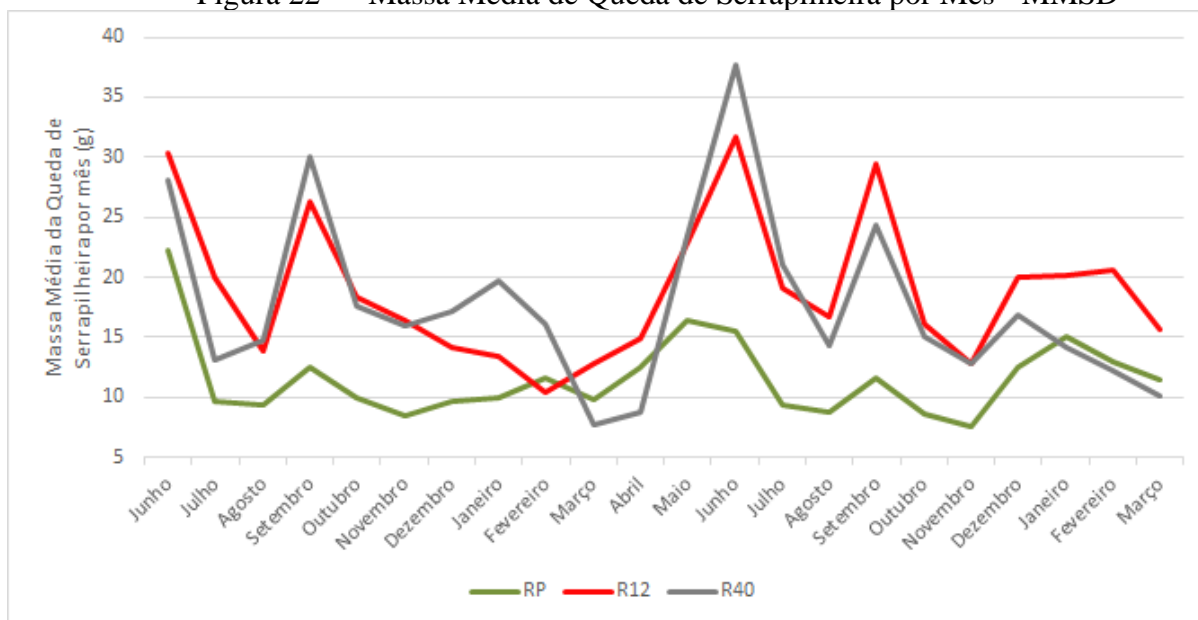
Figura 21 — Massa Média de Queda de Serrapilheira por Dia - MMSD



Fonte: Do Autor (2021)

Para a construção da Figura 22 foi considerada a massa média de queda de serrapilheira por dia (Figura 21), conforme detalhado na metodologia (Seção 4.4.3.). Vale ressaltar que nas Figuras 22, 23 e 25 a 27 a massa média de queda de serrapilheira por mês (MMSM) não foi calculada para o mês de abril já que para a realização do cálculo desse mês seria necessário a coleta de dados no mês de maio.

Figura 22 — Massa Média de Queda de Serrapilheira por Mês - MMSD



Fonte: Do Autor (2021)

A Figura 22 demonstra que o padrão da queda de serrapilheira foi semelhante na maioria dos meses entre os estágios de regeneração, variando em intensidade. Na R12 e R40 os valores da massa de queda de serrapilheira foram muito próximos e, em 16 dos 21 meses, a massa de queda de serrapilheira das áreas não ripárias foi maior que os valores da RP. Na R12 e R40 os períodos de pico de queda de serrapilheira foram nos meses de junho e setembro. Já na RP os meses dos picos de serrapilheira variaram mais, sendo que o período de queda mais acentuado foi na época de maio e junho. Outro pico que ocorreu na RP foi na época de maio e junho, mas de forma menos acentuada que nas outras áreas. Um terceiro pico, pouco acentuado, mas que ocorreu em todas as áreas de estudo, ocorreu no período entre dezembro e fevereiro — época mais chuvosa.

Os resultados da média anual de produção de serrapilheira (MAPS) foram: 9,08Mgc para a R12, 8,54Mg*ha-1*ano-1 para a R40 e 5,59Mg*ha-1*ano-1. Com esses resultados é possível afirmar que a R12 e R40 não diferem muito, e estão em um estágio de regeneração avançado. Já a RP, como é de se esperar, tem um resultado menor, o que se deve ao não fechamento de copa e por ser uma área de regeneração mais nova que as demais. Existe um estudo feito no estado do Pará que teve como objetivo utilizar a quantidade de queda e velocidade de decomposição da serrapilheira para indicar diferentes estágios de florestas em processo de regeneração. Segundo Silva, o estágio de regeneração estudado mais novo tinha cinco (5) anos e produziu 7,41 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. A área estudada de floresta primária teve 10,86 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e as duas outras áreas estudadas — florestas secundárias — tiveram a produção

de aproximadamente $9 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (DA SILVA et al., 2018). Os resultados da presente pesquisa, quando comparados aos resultados da pesquisa citada demonstram que a queda de serrapilheira pode ser um dos fatores que auxiliam na definição do estágio de regeneração de uma área.

5.6 Comparação Entre Queda de Serrapilheira e Precipitação

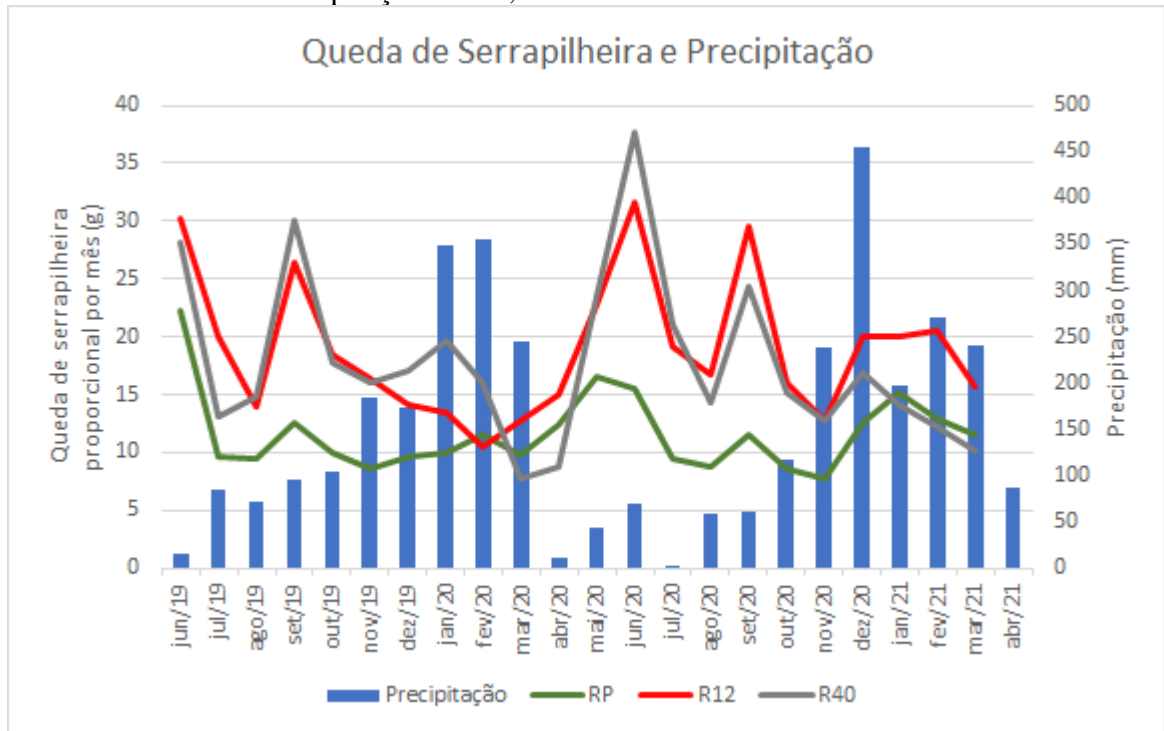
A Figura 23 buscou encontrar uma relação entre os períodos em que existe maior queda de serrapilheira e a precipitação mensal. Foi observado que os picos de queda de serrapilheira mais acentuados foram nos meses de junho e setembro, como aponta a Figura 22. O mês de junho é dois meses depois do fim da estação chuvosa, já o mês de setembro é o mês que precede o começo da estação chuvosa. O terceiro pico que se dá principalmente na RP é no período chuvoso (variando entre dezembro a fevereiro) e pode ser explicado pela chuva forte, característica dessa época do ano, que derruba alguns galhos mais pesados, elevando a massa média de queda de serrapilheira, como é observado em campo e ilustrado pela Figura 24 em que um galho grande cai em cima do coletor de serrapilheira.

Os resultados apresentados na seção anterior (Seção 5.5) e na Figura 23 demonstram que a maior queda de serrapilheira acontece durante a estação seca com os picos dois (2) meses após o fim da estação chuvosa e um (1) mês antes do começo da estação chuvosa. O resultado da ocorrência dos picos de serrapilheira antes e depois das estações chuvosas foi encontrado também em um estudo realizado na Costa Centro-Oeste da Índia, sendo a diferença que nessa região o período chuvoso é caracterizado pelas monções, fenômeno característico do sul e sudeste da Ásia que provoca chuvas fortes no período chuvoso (WAFAR, 1997).

Um outro estudo feito também na Mata Atlântica detectou uma forte correlação entre precipitação e queda de serrapilheira, sendo que nesse estudo a época em que mais houve queda foi do período de setembro a março. Vale ressaltar que este outro estudo da Mata Atlântica durou um (1) ano e teve a taxa de serrapilheira total de $5,7 \text{ Mg*ha}^{-1} \text{ *ano}^{-1}$, sendo muito semelhante à média anual de produção de serrapilheira na RP do presente estudo, estágio com a regeneração mais nova. Ferreira (2014) encontrou alta correlação da queda de serrapilheira com precipitação e radiação, o que pode ser uma das explicações das taxas de queda de serrapilheira da RP terem sido maiores no período chuvoso.

Outros fatores que afetam a queda de serrapilheira são discutidos na sessão a seguir (Seção 5.7).

Figura 23 — Comparação entre Massa Média de Queda de Serrapilheira Mensal e Precipitação na RP, R12 e R40



Fonte: Do Autor (2021)

Figura 24 — Galho no coletor de serrapilheira na RP

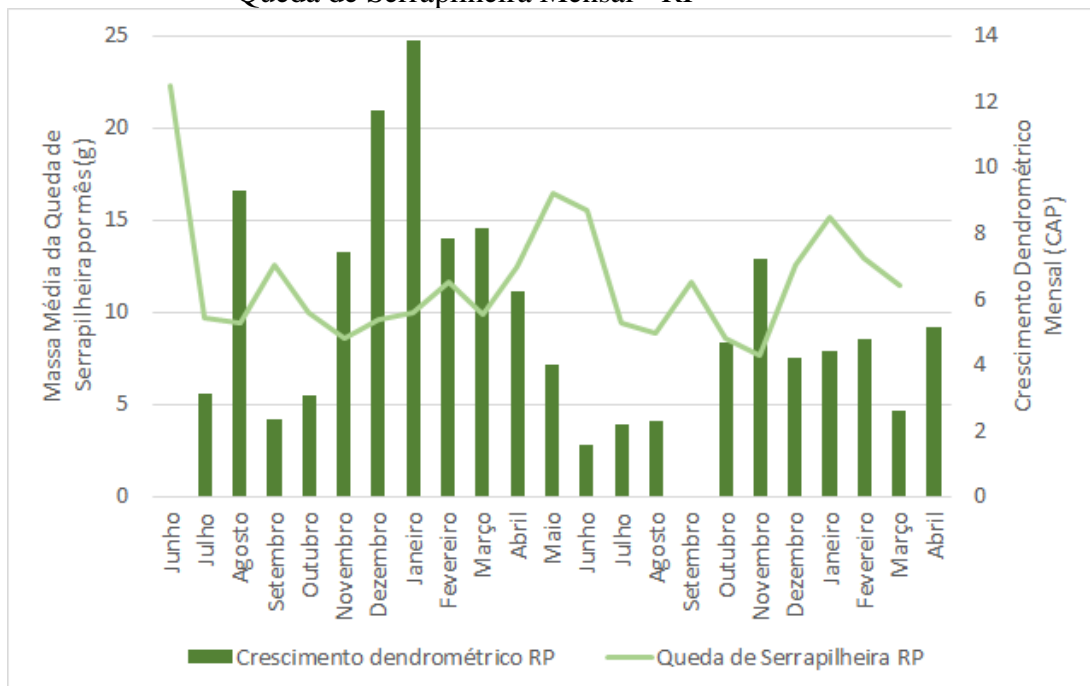


Fonte: Do Autor (2021)

5.7 Comparação entre Crescimento do Tronco e Queda de Serrapilheira

Nas Figuras 25 a 27 buscou-se encontrar uma relação entre a queda de serrapilheira e o crescimento diamétrico mensal. Deve ser levado em consideração que os meses em que não há representação do crescimento diamétrico mensal — onde não há colunas — é porque o crescimento do mês de análise foi negativo, a não ser o mês de setembro de 2020, que não há representação do CDM porque não houve coleta de dados. É importante ressaltar que as escalas de todos os gráficos são diferentes.

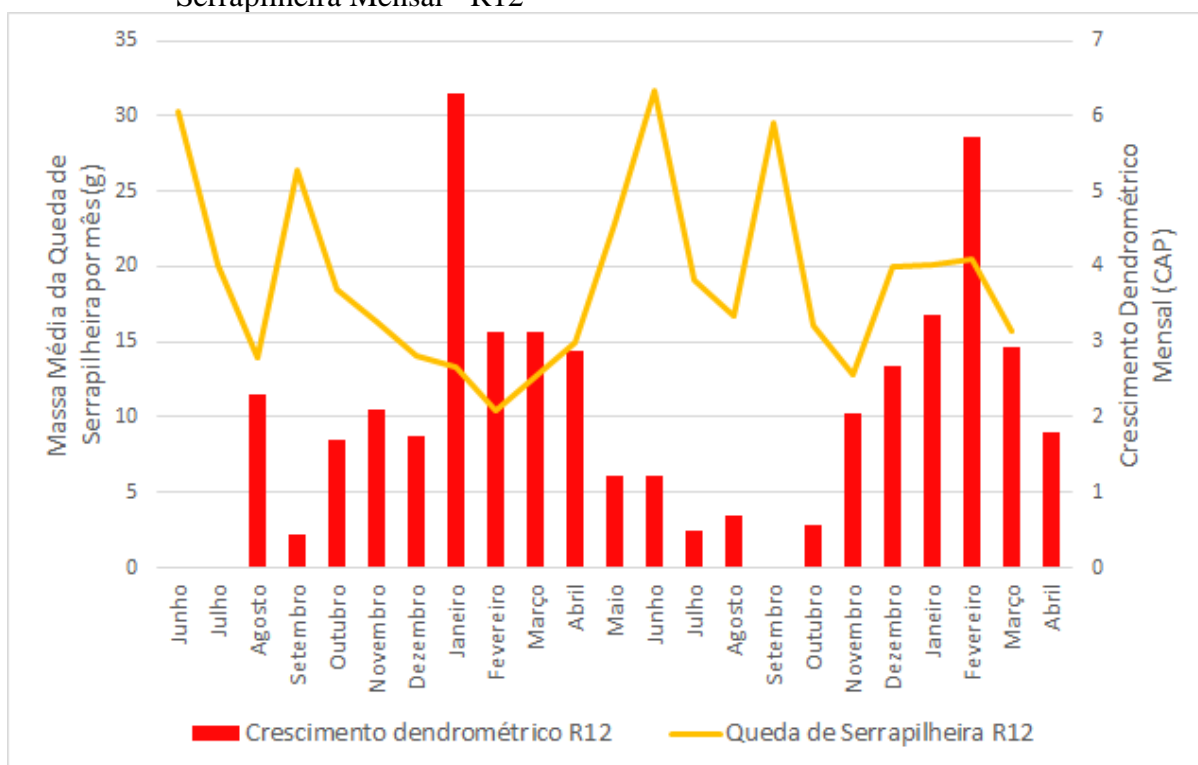
Figura 25 — Comparação entre Crescimento Diamétrico Mensal e Massa Média de Queda de Serrapilheira Mensal - RP



Fonte: Do Autor (2021)

Na Figura 25 não foi possível encontrar nenhuma relação consistente entre crescimento do tronco e queda de serrapilheira na RP.

Figura 26 — Comparação entre Crescimento Diamétrico Mensal e Massa Média de Queda de Serrapilheira Mensal - R12



Fonte: Do Autor (2021)

Diferentemente da RP, na R12 e R40, que têm os gráficos representados pelas Figuras 26 e 27 respectivamente, foi encontrada uma relação aparente entre o crescimento diamétrico mensal e a queda de serrapilheira. Contudo essa relação é observada apenas no período seco, de maio a setembro. Essa relação aparenta ser mais forte no período do segundo pico de queda de serrapilheira do ano que é em setembro.

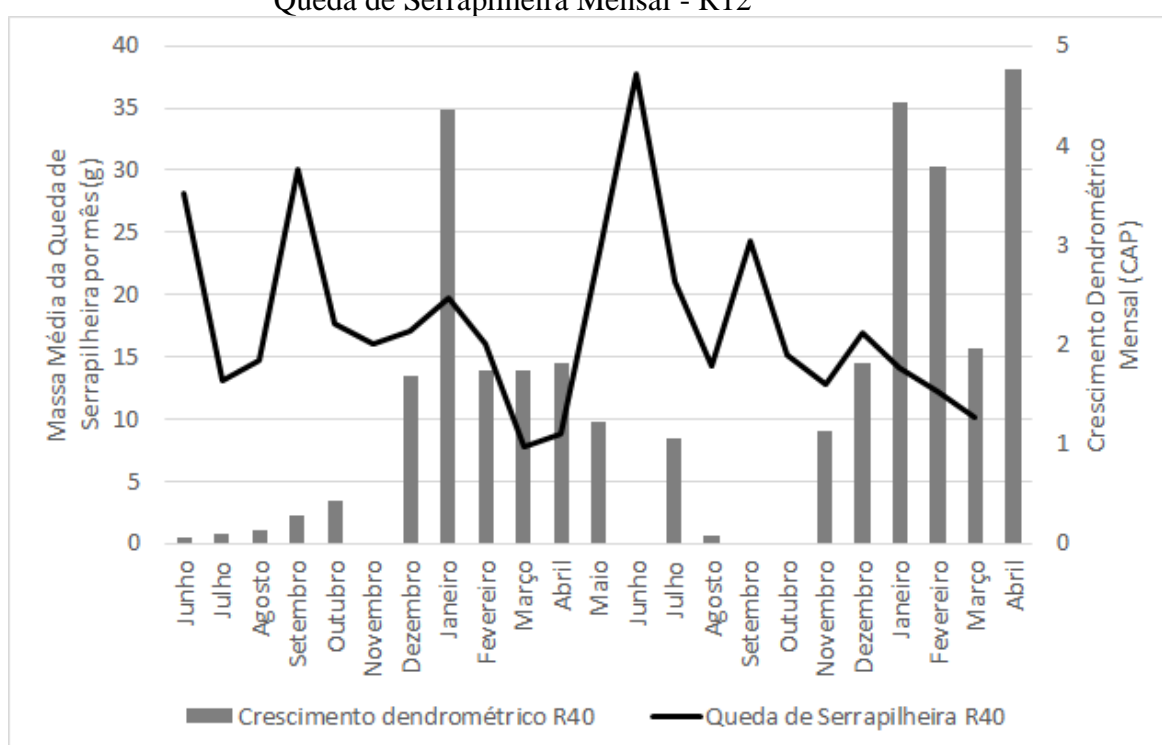
Contudo, essa relação aparenta não ser muito exata. Na R12 o baixo crescimento diamétrico é no mesmo mês do pico de queda de serrapilheira (setembro). Na R40 o crescimento diamétrico foi afetado dois (2) meses depois do pico de queda de serrapilheira de setembro de 2019. No ano seguinte, o crescimento diamétrico foi afetado no mês ou no mês seguinte do pico de queda de serrapilheira.

Como aponta um estudo realizado com dados de diversas regiões do planeta por Wagner et. al (2016) existem diversos fatores que afetam o crescimento do tronco, que são principalmente precipitação e disponibilidade de água. Esse estudo buscou diversas correlações com as variantes que afetam o crescimento do tronco, como: amplitude térmica, pressão de vapor, temperatura média mínima e máxima, radiação solar, entre outros. As correlações positivas mais fortes que foram encontradas por ele foram a de precipitação, disponibilidade de água e cobertura de nuvens, sendo a correlação negativa mais forte a de amplitude térmica.

Esse mesmo estudo buscou avaliar os fatores que afetam a queda de serrapilheira levando em consideração as mesmas variantes analisadas para o crescimento de tronco. O que foi encontrado é que os picos de queda de serrapilheira ocorrem principalmente durante os períodos secos, assim como apontam os resultados desse trabalho. Os principais fatores climáticos que afetam a queda de serrapilheira são: mudanças na insolação diária e alta demanda de evaporação tendo baixa disponibilidade de água. A mudança da insolação diária provoca a produção de novas folhas e abscisão de folhas velhas, enquanto a baixa disponibilidade de água e alta demanda de evaporação induzem a queda de folhas na estação seca. Os valores das correlações entre os fatores que afetam a queda de serrapilheira foram menores que os valores encontrados para crescimento do tronco, porém os fatores encontrados que tem a maior correlação são: cobertura de nuvens e precipitação, com a correlação negativa e amplitude térmica e evaporação potencial, tendo correlação positiva.

É imprescindível apontar que para este tipo de análise — CDM —, qualquer erro de medição ou “outlier” compromete a análise dos dados, pois compromete o valor de crescimento total do mês de análise e do mês seguinte. Foram encontrados alguns “outliers” nos dados, fazendo com que em alguns meses os resultados ficassem negativos e nos meses seguintes o crescimento ficasse acima do “real”.

Figura 27 — Comparação entre Crescimento Diamétrico Mensal e Massa Média de Queda de Serrapilheira Mensal - R12



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo conseguiu responder os objetivos propostos, e identificou algumas limitações na coleta e análise de dados e dos dendrômetros de fita utilizados na pesquisa. Foi possível: identificar a época de maior crescimento do tronco e períodos de maior queda de serrapilheira; comparar a diferença de crescimento no tronco e queda de serrapilheira em três (3) estágios de regeneração (RP, R12 e R40); avaliar a relação entre precipitação e queda de serrapilheira e avaliar se a queda de serrapilheira causa impacto no crescimento do tronco. Os resultados obtidos contribuem com o conhecimento sobre o comportamento do crescimento do tronco e queda de serrapilheira em diferentes estágios de regeneração. As diferenças do comportamento diamétrico entre as áreas podem ser usadas para estimar a quantidade de carbono absorvida pela floresta de acordo com a idade de cada estágio de regeneração. Além disso, a queda de serrapilheira pode ser usada para a indicação da regeneração florestal em algumas áreas, como já foi feito em alguns estudos.

O crescimento diamétrico teve o crescimento mais elevado no período chuvoso, como esperado. Nos meses entre outubro e abril é quando mais chove nas regiões classificadas segundo Koppen como Aw, como é o caso da área de estudo. O crescimento do tronco durante o período chuvoso foi significativamente maior do que o crescimento no período seco. Na RP, R12 e R40 a porcentagem do crescimento nos períodos chuvosos quando comparada ao crescimento total foi de respectivamente 73,7 %; 84,4 % e 91,9 %.

A diferença do crescimento diamétrico total entre as áreas foi notável, principalmente se compararmos a RP com a R12 e R40. A RP teve o crescimento diamétrico em CAP de 113,28, na R12 esse crescimento foi de 44,78 cm, enquanto na R40 esse crescimento foi de 31,76 cm. Em porcentagem o crescimento da RP foi 60,5 % que o da R12 e 72 % maior que o da R40. O crescimento da R12 foi 29,1 % maior que o da R40. Essas diferenças de crescimento se devem a diferença de idades dos estágios de regeneração já que a RP, regeneração de pastagem, tem cinco (5) anos, a R12 tem em por volta de doze (12) anos e a R40 tem aproximadamente quarenta (40) anos.

A ordem dos estágios de regeneração em que a média da queda de serrapilheira foi maior, em ordem decrescente foi: R12 com $9,08\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, R40 com $8,54\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ e RP com $5,59\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$. Os picos de queda de serrapilheira mais marcantes identificados nas três (3) áreas foram em junho e setembro, dois meses após o final da estação chuvosa e logo antes do começo da estação seca. Na RP a queda de serrapilheira foi muito menor do que nas outras duas áreas, já que essa área de estudo é mais jovem, tem árvores de

menor porte e o dossel é muito mais aberto que na R12 e R40. Um outro pico de queda de serrapilheira que foi característico na RP e menos intenso na R12 e R40 aconteceu entre os meses de dezembro a fevereiro. Esse outro pico pode ter acontecido devido às fortes chuvas nos meses de verão, que provocam a queda de galhos, folhas saudáveis, além de flores e sementes.

A queda de serrapilheira afeta o crescimento do tronco? Foi visto que na RP não foi possível encontrar essa relação direta. Já na R12 e R40 parece haver a relação do pico de queda de serrapilheira de setembro com o baixo crescimento do tronco no mesmo mês do pico ou no mês seguinte — outubro. De qualquer forma essa relação só pôde ser analisada no período seco, já que no período chuvoso o fator que mais afeta o crescimento do tronco é a precipitação.

Ao realizar este estudo foram encontradas algumas limitações. A primeira limitação observada foi a perda de alguns dendrômetros de fita utilizados nas áreas de estudo. Ao todo foram perdidos dez (10) de sessenta (60) dendrômetros, sendo que um (1) dos que foi perdido era de uma árvore que estava caída e dois (2) deles foram encontrados e reinstalados depois de oito (8) meses. Foi analisado que oito (8) dos dez (10) dendrômetros perdidos romperam com mais de 4 cm (40 mm) de crescimento, o que é metade da medida da régua do dendrômetro. Além disso, com exceção da árvore que caiu, todos os dendrômetros perdidos foram perdidos na época chuvosa. Para solucionar esse problema recomenda-se fazer a manutenção dos dendrômetros antes da medida do crescimento alcançar os 40 mm, se possível, além da necessidade de intensificar a verificação dos dendrômetros na época chuvosa. Uma outra necessidade para solucionar essa questão é adquirir algumas régua dendrométricas extras para caso algum dendrômetro se rompa e ele não seja encontrado em campo.

Outro fator considerado limitante para algumas análises do estudo foi a periodicidade da coleta de dados. A variação de datas entre as coletas mensais foi de 21 a 49 dias sendo que no mês de setembro não houve coleta de dados. Apesar do intervalo desigual entre coletas não afetar os resultados “brutos” do estudo, ele afeta os resultados e análises intermediárias, como o crescimento diamétrico mensal. O objetivo geral do estudo não foi afetado, porém a análise da relação entre o crescimento do tronco e a queda de serrapilheira — que usa dados mensais do crescimento do tronco — foi diretamente afetada. Uma solução para isso é avaliar previamente quais são os objetivos e período de estudo para que possa ser definida a periodicidade de coleta de dados. Se a análise buscada for mais detalhada — mês a mês, por exemplo — é necessário definir a regularidade das datas de coleta e ela deve ser seguida.

Uma outra limitação encontrada foi na análise de alguns dados do crescimento diamétrico mensal. Mesmo sem ter afetado o objetivo geral do trabalho, o crescimento diamétrico mensal teve algumas variações que podem ter acontecido por erros na coleta de

dados, erros de digitação e até pelo inchamento do tronco em alguns períodos. Porém, foi notado que uma mesma árvore crescia e decrescia na mesma proporção entre uma coleta de dados e outra. Portanto, para uma análise mais precisa, deve ser feita a identificação e o tratamento de todos os “outliers” nos dados para que as análises fiquem o mais próximo da realidade.

REFERÊNCIAS

ATLÂNTICA, FUNDAÇÃO SOS MATA; (INPE), INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica**. [s.l: s.n.].

BANDORIA, Marcelo Cardoso da Silva; BORMA, Laura de Simone; ANDERSON, Liana Oighenstein. **Dinâmicas de regeneração florestal na Mata Atlântica : integração de dados multi-sensores e medidas de campo**. 2020. [S. l.], 2020.

BINOTI, MLMS; LEITE, HG; BINOTI, DHB; CERNE, JM Gleriani-; 2015, Undefined. Prognose em nível de povoamento de clones de eucalipto empregando redes neurais artificiais. **SciELO Brasil**, [S. l.], 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-77602015000100097&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 11 jun. 2021.

CAMARGO, M.; GIARRIZZO, T.; JESUS, A. J. S. Efeito da variação da inundação sazonal na produção de serrapilheira numa floresta aluvial do médio Rio Xingu (bacia do Amazonas, Brasil). **Brazilian Journal of Biology**, [S. l.], v. 75, n. 3, p. S250–S256, 2015. DOI: 10.1590/1519-6984.00514BM. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.00514BM>. Acesso em: 13 jun. 2021.

CARVALHO, Fabrício Alvim; FELFILI, Jeanine Maria. Cost-benefit analysis of industrial and homemade dendrometer bands. **Acta Botanica Brasilica**, [S. l.], v. 25, n. 3, p. 566–570, 2011. DOI: 10.1590/S0102-33062011000300008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062011000300008&lng=en&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 21 out. 2020.

CELENTANO, Danielle; ZAHAWI, Rakan A.; FINEGAN, Bryan; OSTERTAG, Rebecca; COLE, Rebecca J.; HOLL, Karen D. Litterfall dynamics under different tropical forest restoration strategies in Costa Rica. **Biotropica**, [S. l.], v. 43, n. 3, p. 279–287, 2011. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2010.00688.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1744-7429.2010.00688.x>. Acesso em: 13 jun. 2021.

CORDEIRO, Iracema Maria; SCHWARTZ, Gustavo; BARROS, Paulo Luiz. EFEITOS DO CLIMA SOBRE O INCREMENTO DIAMÉTRICO DE PARICÁ (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* – Fabaceae) EM PLANTIOS COMERCIAIS. **Nativa**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 246, 2020. DOI: 10.31413/nativa.v8i2.9009.

COSTANZA, Robert et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, [S. l.], v. 387, n. 6630, p. 253–260, 1997. DOI: 10.1038/387253a0. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/387253a0>. Acesso em: 21 maio. 2021.

DA SILVA, Wully Barreto; PÉRICO, Eduardo; DALZUCHIO, Marina Schmidt; SANTOS, Mário; CAJAIBA, Reinaldo Lucas. Are litterfall and litter decomposition processes indicators of forest regeneration in the neotropics? Insights from a case study in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 429, p. 189–197, 2018. DOI: 10.1016/j.foreco.2018.07.020.

DAILY, Gretchen; POSTEL, Sandra; BAWA, Kamaljit; KAUFMAN, Les. Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems. **Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press**, [S. l.], 1997.

DALMÁCIO, Flávia Zóboli; DE SOUSA RIBEIRO, Maisa; LELIS LEAL CALEGARIO, Cristina. **A POTENCIALIDADE DOS CRÉDITOS DE CARBONO NA GERAÇÃO DE LUCRO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL DA ATIVIDADE DE REFLORESTAMENTO** Organizações Rurais & Agroindustriais. [s.l.: s.n.].

DANTAS, Mayara De Sousa; ALMEIDA, Nadjacleia Vilar; MEDEIROS, Iara Dos Santos; SILVA, Milena Dutra Da. Diagnóstico da vegetação remanescente de Mata Atlântica e ecossistemas associados em espaços urbanos. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 87–97, 2017. DOI: 10.24221/jeap.2.1.2017.1128.87-97. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.24221/jeap.2.1.2017.1128.87-97>. Acesso em: 13 jun. 2021.

DÉTIENNE, Pierre. Appearance and Periodicity of Growth Rings in some Tropical Woods. **IAWA Journal**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 123–132, 1989. DOI: 10.1163/22941932-90000480. Disponível em: https://brill.com/view/journals/iawa/10/2/article-p123_4.xml.

DOMINGOS, Marisa; MORAES, Regina M. De; VUONO, Yara S. De; ANSELMO, Carlos E. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes em um trecho de Mata Atlântica secundária, na Reserva Biológica de Paranapiacaba, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 91–96, 1997. DOI: 10.1590/s0100-84041997000100009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84041997000100009&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 20 mar. 2021.

FELDPAUSCH, Ted R.; RONDON, Marco A.; FERNANDES, Erick C. M.; RIHA, Susan J.; WANDELLI, Elisa. Carbon and nutrient accumulation in secondary forests regenerating on pastures in central Amazonia. **Ecological Applications**, [S. l.], v. 14, n. 4 SUPPL., p. 164–176, 2004. DOI: 10.1890/01-6015. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1890/01-6015>. Acesso em: 11 jun. 2021.

FERREIRA, Maurício Lamano; SILVA, Jaqueline Luana; PEREIRA, Edna Elisa; LAMANO-FERREIRA, Ana Paula do Nascimento. Produção e decomposição de serapilheira num fragmento de floresta secundária Atlântica de São Paulo, sudeste do Brasil. **Revista Arvore**, [S. l.], v. 38, n. 4, p. 591–600, 2014. DOI: 10.1590/S0100-67622014000400002.

GOMES, Juliana Fernandes; LONGHI, Solon Jonas; ARAÚJO, Maristela Machado; BRENA, Doádi Antônio. Classification and growth of vegetation units in Mixed Rainy Forest, São Francisco de Paula, RS. **Ciencia Florestal**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 93–107, 2008. DOI: 10.5902/19805098514.

IMAZON. **A Amazônia em números - Imazon**. 2020. Disponível em: <https://amazon.org.br/imprensa/a-amazonia-em-numeros/>. Acesso em: 11 maio. 2021.

IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lucia; NUNES-SILVA, Patrícia. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. 59–62, 2010. DOI: 10.1590/S1676-06032010000400008. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/pt/abstract?article+bn00910042010><http://www.biota>

neotropica.org.brhttp://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/en/abstract?article+bn0091004201
0. Acesso em: 21 maio. 2021.

INPE. **SOS Mata Atlântica e INPE lançam novos dados do Atlas do biomaInpe**, 2019. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5115. Acesso em: 11 maio. 2021.

JOLY, Carlos A.; METZGER, Jean Paul; TABARELLI, Marcelo. **Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: Ecological findings and conservation initiatives**New PhytologistBlackwell Publishing Ltd, , 2014. DOI: 10.1111/nph.12989. Disponível em: <http://whc.unesco.org/en/list/893>. Acesso em: 27 maio. 2021.

KEENLEYSIDE, K.; DUDLEY, N.; CAIRNS, S.; HALL, C.; STOLTON, S. **Ecological restoration for protected areas: Principles, guidelines and best practices**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.iucn.org/content/ecological-restoration-protected-areas-principles-guidelines-and-best-practices>. Acesso em: 17 maio. 2021.

KLEIJN, David et al. Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. **Nature Communications**, [S. l.], v. 6, 2015. DOI: 10.1038/ncomms8414.

KOTTEK, Markus; GRIESER, Jürgen; BECK, Christoph; RUDOLF, Bruno; RUBEL, Franz. World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated. **Meteorologische Zeitschrift**, [S. l.], v. 15, p. 259–263, 2006. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130.

LAURANCE, William F. **Conserving the hottest of the hotspots**Biological Conservation, 2009. DOI: 10.1016/j.biocon.2008.10.011.

LAWRENCE, Deborah; VANDECAR, Karen. Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. **Nature Climate Change**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 27–36, 2015. DOI: 10.1038/nclimate2430. Disponível em: www.nature.com/natureclimatechange. Acesso em: 18 set. 2020.

MACHADO, Gleice Elen Lima; MEDEIROS, Matheus Bento; FIGUEIRA, Adelaine Michela e Silva; MOURA, José Mauro Sousa De. CRESCIMENTO DIAMÉTRICO EM FLORESTA DE VÁRZEA USANDO BANDAS DENDROMÉTRICAS. *In: Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal*. [s.l.] : Atena Editora, 2019. p. 14–24. DOI: 10.22533/at.ed.9251919113. Disponível em: www.atenaeditora.com.br. Acesso em: 11 jun. 2021.

MAY, P. H.; BOHRER, C. B.; TANIZAKI, K.; DUBOIS, J. C. L.; LANDI, M. P. M.; CAMPAGNANI, S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; DA VINHA, V. G. **Sistemas Agroflorestais e Reflorestamento para Captura de Carbono e Geração de Renda 1**. [s.l: s.n.].

MEA, Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends, Volume 1**. [s.l: s.n.], 2005.

MMA, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Clima**. [s.d.]. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas.html>. Acesso em: 27 maio. 2021.

MORAES, Vicente Haroldo F. **PERIODICIDADE DE CRESCIMENTO DO TRONCO EM ÁRVORES DA FLORESTA AMAZÔNICA** 5 *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/17693>. Acesso em: 11 jun. 2021.

NBL - ENGENHARIA AMBIENTAL LTDA E THE NATURE CONSERVANCY (TNC). **Manual de Restauração Florestal: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará**. Belém, PA: The Nature Conservancy, 2013. Disponível em: <https://www.nature.org/media/brasil/manual-de-restauracao-florestal.pdf>. Acesso em: 21 maio. 2021.

PEQUENO REIS, Leonardo; LOPES DE SOUZA, Agostinho; CAROLLINE MARQUES DOS REIS REIS, Pamella; MAZZEI, Lucas; HENRIQUE BRENDA BINOTI, Daniel; GARCIA LEITE, Helio. PROGNÓSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA NA AMAZÔNIA UTILIZANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS E AUTÔMATOS CELULARES. *revistas.ufpr.br*, [S. l.], n. 1, p. 93–102, 2018. DOI: 10.5380/ufpr.v48. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/52748>. Acesso em: 11 jun. 2021.

PINTO, Lilian Vilela Andrade; DE ROMA, Talita Nazareth; BALIEIRO, Kátia Regina de Carvalho. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. *Cerne*, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 495–505, 2012. DOI: 10.1590/S0104-77602012000300018.

REZENDE, C. L.; SCARANO, F. R.; ASSAD, E. D.; JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; STRASSBURG, B. B. N.; TABARELLI, M.; FONSECA, G. A.; MITTERMEIER, R. A. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, [S. l.], v. 16, n. 4, p. 208–214, 2018. DOI: 10.1016/j.pecon.2018.10.002.

SANTOS, Cleber; CARNEIRO, Rayonil; BORGES, Camilla; GASTMANS, Didier; BORMA, Laura. Isotopic composition of precipitation in a southeastern region of Brazil during the action of the south Atlantic convergence zone. **Atmosphere**, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 418, 2021. DOI: 10.3390/atmos12040418. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/atmos12040418>. Acesso em: 13 jun. 2021.

SCORIZA, Rafael; PEREIRA, Marcos; PEREIRA, Guilherme; MACHADO, Deivid; SILVA, Eliane. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados a ciclagem de nutrientes. **Revista Floresta e Ambiente**, [S. l.], v. 2, p. 1–18, 2012.

SER. The SER International Primer on Ecological Restoration Overview. **Ecological Restoration**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 206–207, 2004. Disponível em: www.ser.org. Acesso em: 17 maio. 2021.

SILVA, Roseana Pereira Da; NAKAMURA, Shozo; AZEVEDO, Celso Paulo De; CHAMBERS, Jeffrey; ROCHA, Rosana de Miranda; PINTO, Alberto Carlos Martins; SANTOS, Joaquim Dos; HIGUCHI, Niro. Uso de banda dendrométrica na definição de padrões de crescimento individual em diâmetro de árvores da bacia do rio Cuieiras. **Acta Amazonica**, [S. l.], v. 33, n. 1, p. 67–84, 2003. DOI: 10.1590/1809-4392200331084.

SNUC. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. [S. l.], n. 9, 2000.

SYKTUS, Jozef I.; MCALPINE, Clive A. More than carbon sequestration: Biophysical climate benefits of restored savanna woodlands. **Scientific Reports**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 29194, 2016. DOI: 10.1038/srep29194. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/srep29194>. Acesso em: 18 set. 2020.

WAFAR, S.; UNTAWALE, A. G.; WAFAR, M. Litter fall and energy flux in a mangrove ecosystem. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, [S. l.], v. 44, n. 1, p. 111–124, 1997. DOI: 10.1006/ecss.1996.0152.

WAGNER, Fabien H. et al. Climate seasonality limits leaf carbon assimilation and wood productivity in tropical forests. **Biogeosciences**, [S. l.], v. 13, n. 8, p. 2537–2562, 2016. DOI: 10.5194/bg-13-2537-2016. Disponível em: <https://bg.copernicus.org/articles/13/2537/2016/>. Acesso em: 21 mar. 2021.

ANEXO A

Tabela 1 — Tabela com o número, espécie, família e CAP inicial da RP

Área	SPP	Família	CAP inicial
RP 01	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae	49.00
RP 02	<i>Schefflera</i> cf. <i>calva</i> (Cham.) Frodin & Fiaschi	Araliaceae	52.00
RP 03	<i>Sessea brasiliensis</i> Toledo	Solanaceae	47.00
RP 04	<i>Sessea brasiliensis</i> Toledo	Solanaceae	66.00
RP 05	<i>Tibouchina pulchra</i> (Cham.) Cogn.	Melastomataceae	48.00
RP 06	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae	62.30
RP 07	Malvaceae indet.	Malvaceae	60.40
RP 08	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Fabaceae	49.30
RP 09	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae	48.40
RP 10	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	45.20
RP 11	<i>Tibouchina pulchra</i> (Cham.) Cogn.	Melastomataceae	34.00
RP 12	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	59.00
RP 13	<i>Tibouchina estrellensis</i> (Raddi) Cogn.	Melastomataceae	69.00
RP 14	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	75.30
RP 15	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	87.00
RP 16	<i>Cytharexylum myrianthus</i> Cham.	Verbenaceae	53.10
RP 17	<i>Tibouchina pulchra</i> (Cham.) Cogn.	Melastomataceae	46.20
RP 18	<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	Fabaceae	47.00
RP 19	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Anacardiaceae	68.00
RP 20	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenk	Lamiaceae	66.00

Fonte: Do Autor (2020)

Tabela 2 — Tabela com o número, espécie, família e CAP inicial da R12

Área	SPP	Família	CAP inicial
R12 01	<i>Vernonanthura petiolaris</i> (DC.) H. Rob.	Asteraceae	74.50
R12 02	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae	51.00
R12 03	<i>Alchornea sidifolia</i> Müll. Arg.	Euphorbiaceae	57.00
R12 04	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Lauraceae	71.40
R12 05	<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	Phyllanthaceae	97.00
R12 06	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Euphorbiaceae	66.10
R12 07	<i>Tibouchina sellowiana</i> (Cham.) Cogn.	Melastomataceae	41.20
R12 08	<i>Monteverdia gonoclada</i> (Mart.) Biral	Celastraceae	58.60
R12 09	<i>Croton organensis</i> Baill.	Euphorbiaceae	48.40
R12 10	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Primulaceae	41.40
R12 11	<i>Tibouchina sellowiana</i> (Cham.) Cogn.	Melastomataceae	62.20
R12 12	<i>Sessea brasiliensis</i> Toledo	Solanaceae	37.40
R12 13	<i>Tibouchina sellowiana</i> (Cham.) Cogn.	Melastomataceae	53.80
R12 14	<i>Weinmannia pinnata</i> L.	Cunnoniaceae	59.40
R12 15	<i>Croton organensis</i> Baill.	Euphorbiaceae	62.20
R12 16	<i>Tibouchina sellowiana</i> (Cham.) Cogn.	Melastomataceae	55.60
R12 17	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae	35.00
R12 18	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae	43.00
R12 19	<i>Piptocarpha macropoda</i> (DC.) Baker	Asteraceae	43.00
R12 20	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Lauraceae	61.30

Fonte: Do Autor (2020)

Tabela 3 — Tabela com o número, espécie, família e CAP inicial da R40

Área	SPP	Família	CAP inicial
R40 01	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Salicaceae	64.60
R40 02	<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	Cunnoniaceae	69.20
R40 03	<i>Meriania clausenii</i> (Naudin) Triana	Melastomataceae	83.30
R40 04	<i>Guatteria australis</i> A. St.-Hil.	Annonaceae	55.90
R40 05	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae	83.20
R40 06	<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	Rubiaceae	64.90
R40 07	<i>Tovomitopsis paniculata</i> (Spreng.) Planch. & Triana	Clusiaceae	55.80
R40 08	<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	Rubiaceae	60.40
R40 09	<i>Miconia cinerescens</i> Miq.	Melastomataceae	65.00
R40 10	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae	77.70
R40 11	<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees & Mart.	Lauraceae	36.00
R40 12	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae	82.90
R40 13	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Meliaceae	50.30
R40 14	<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) Baker	Asteraceae	66.50
R40 15	<i>Tibouchina sellowiana</i> (Cham.) Cogn.	Melastomataceae	42.20
R40 16	<i>Vernonanthura petiolaris</i> (DC.) H. Rob.	Asteraceae	69.90
R40 17	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae	46.00
R40 18	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae	89.90
R40 19	<i>Sessea brasiliensis</i> Toledo	Solanaceae	46.30
R40 20	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae	68.00

Fonte: Do Autor (2020)