

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI

COORDENADORIA DO CURSO DE GEOGRAFIA

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NOS
PROCESSOS DE FLUXO DE ATRAVESSAMENTO E
INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA NA SERRA DE SÃO JOSÉ,
MG**

GABRIEL ANGELO PESSOA DE LIMA RODRIGUES

SÃO JOÃO DELREI/MG

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI

COORDENADORIA DO CURSO DE GEOGRAFIA

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NOS
PROCESSOS DE FLUXO DE ATRAVESSAMENTO E
INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA NA SERRA DE SÃO JOSÉ, MG**

Monografia apresentada à
Coordenadoria do Curso de Geografia
da Universidade Federal de São João
del-Rei, como requisito parcial para
obtenção do grau de Bacharel em
Geografia

Autor: Gabriel Angelo Pessoa de
Lima Rodrigues

Orientador: André Batista de Negreiros

SÃO JOÃO DEL-REI/MG

2022

RESUMO

A cobertura vegetal exerce diversas funções para o meio, sendo uma delas a de controlar e distribuir a entrada de água no solo. A chegada da água da chuva no sistema florestal tropical dá-se pela precipitação meteórica, tendo o primeiro contato da chuva com a vegetação através da intercepção pelas copas arbóreas. Nesse sentido, esta pesquisa objetiva a avaliação quantitativa da distribuição espacial dos processos hidrológicos verticais de intercepção e do fluxo de atravessamento ao longo de uma encosta, sob Floresta Estacional Semidecidual Montana na Serra de São José, em Tiradentes-MG, e suas relações com a vegetação presente. Para tanto, foram instalados 10 pluviômetros artesanais (9 no fragmento e ao longo da encosta para mensurar a intercepção e fluxo de atravessamento e 1 em área aberta para mensurar a entrada da precipitação pluviométrica) divididos em plano amostral composto por 3 perfis (P1, P2, P3), para mensurações semanais dos fluxos hidrológicos ao longo do período chuvoso (outubro de 2021 e fevereiro de 2022). Os dados da série histórica foram obtidos na estação pluviométrica Porto Tiradentes. Para o levantamento da vegetação, calculou-se o PAP e alturas total e do fuste dos indivíduos arbóreos presentes na parcela. Os resultados apontam para uma média histórica de chuva acumulada anual (1941 e 2019) de 1472 mm. Para as taxas de fluxo de atravessamento, constatou-se uma elevada variabilidade ao longo do perfil da encosta (médias de P1=85,26%; P2=79,65% e P3=117,82%), conforme indica a literatura, principalmente, sujeitas às influências da morfologia das árvores, da topografia e da dinâmica de fluxos no sistema encosta-fundo de vale. Os valores de intercepção apresentaram uma média de 14,73%; 20,35% e 0,51% em relação à precipitação total para P1, P2 e P3, respectivamente. Por fim, o presente estudo pode contribuir como subsídio às possíveis ações de conservação e de natureza hidrológica do fragmento de floresta.

Palavras-chave: Intercepção florestal; fluxos hidrológicos; fragmentos florestais.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	5
2 – OBJETIVOS	7
2.1) Objetivo geral	7
2.2) Objetivos específicos	7
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
3.1) Interceptação florestal	8
3.2) Floresta estacional semidecidual	13
4 - ÁREA DE ESTUDO	17
4.1) Localização e breve histórico	17
4.2) Componentes físicos	20
5 - MATERIAIS E MÉTODOS	24
5.1) Mensurações de chuva e interceptação pela vegetação	24
5.2) Caracterização da estrutura da vegetação	30
6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
6.1) Série temporal	32
6.2) Estrutura da vegetação	35
6.3) Resultante hidrológica	38
7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
8 – REFERÊNCIAS	43

1) Introdução

O presente trabalho é parte complementar de uma pesquisa de iniciação científica intitulada “Análise da Intercepção Florestal das Chuvas e sua Influência na Redistribuição dos Fluxos Hidrológicos em Encostas Florestadas, Serra de São José, MG”. Esta buscou, especificamente, mensurar e analisar os níveis de intercepção e seus efeitos no regime hidrológico da área estudada. No entanto, a fim de dar continuidade à discussão já produzida e tendo em vista a necessidade da compreensão holística, sistêmica e integrada para a investigação geográfica, foi incluído o estudo da estrutura da vegetação da área amostral de modo a contribuir para o debate da presente pesquisa.

Buscou-se, portanto, conhecer as chuvas e os processos hidrológicos verticais de intercepção e fluxo de atravessamento em área de encosta, sob Floresta Estacional Semidecidual Montana na Serra de São José. Pretende-se, também, avaliar a distribuição espacial dos processos hidrológicos ao longo da encosta e entender as relações do contato entre a parcela de estudo e a Área de Proteção Ambiental da Serra de São José e a cidade de Tiradentes em Minas Gerais. Por fim, tal pesquisa se justifica pela necessidade de entender as relações associadas ao processo de intercepção florestal e a vegetação de um fragmento inserido em área de transição entre os domínios Atlântico e Cerrado e suas implicações para o planejamento e gestão ambientais de municípios e órgãos governamentais de modo a auxiliar os órgãos públicos e privados competentes por meio da geração de dados científicos no que tange às políticas de recursos hídricos.

2) Objetivos

2.1) Objetivo geral

Analisar, quantitativamente, as distribuições espacial e temporal dos processos hidrológicos verticais de interceptação e do fluxo de atravessamento ao longo de uma área de encosta, sob Floresta Estacional Semidecidual Montana na Serra de São José, em Tiradentes-MG, e suas relações com a vegetação presente.

2.2) Objetivos específicos

- A. Mensurar e analisar a entrada de água no sistema florestal e sua interceptação pelas copas arbóreas durante o período chuvoso de outubro de 2021 a fevereiro de 2022, correlacionando com dados pluviométricos gerados por estação pluviométrica;

- B. Caracterizar a estrutura da vegetação arbórea (PAP, densidade, área basal e alturas total e do fuste), a fim de correlacionar com sua funcionalidade na interceptação e distribuição dos fluxos das chuvas.

3 Revisão Bibliográfica

3.1) Interceptação florestal

A água constitui um dos elementos físicos mais importantes na composição da paisagem terrestre, interligando fenômenos da atmosfera inferior e da litosfera, e interferindo na vida vegetal-animal, a partir da interação com os demais elementos do seu ambiente de drenagem. É também um dos principais agentes modeladores do relevo da superfície terrestre, controlando tanto a formação como o comportamento mecânico dos mantos de solos e rochas (COELHO NETTO, 1994).

A água ao precipitar sobre uma floresta poderá ter diferentes caminhos até chegar ao solo: i) ficar retida na copa da árvore e posteriormente gotejar para o solo; ii) da copa escorrer para o tronco da árvore; iii) passar direto entre as copas caindo diretamente no solo (BRUTSAERT, 2005). A interceptação da chuva é um processo importante no balanço hídrico das florestas e do ciclo hidrológico em um ecossistema florestal. Dentro do contexto do balanço hídrico, durante períodos secos a transpiração e a evaporação da água do solo compõem o consumo de água de uma superfície vegetada. Durante períodos chuvosos, todavia, a interceptação também passa a fazer parte das perdas de água pelo ecossistema (IIDA et al., 2017).

Portanto, a interceptação é o primeiro processo pelo qual a água da chuva passa na vegetação, influenciando todos os outros processos hidrológicos (TSIKO et al., 2012), afetando, por exemplo, a capacidade de infiltração, erosão e distribuição da umidade do solo, a geração de escoamento e ocorrência inundações (KEIM et al., 2005; TSIKO et al., 2012).

A vegetação tem grande importância dentro do contexto do balanço hídrico de um local, principalmente em áreas com florestas, por interferir, através da interceptação, no recebimento e redistribuição das águas da chuva (OLIVEIRA et al., 2008). Contribuindo para a massa de vapor de água precipitável na atmosfera, pois parte da água que cai sob a forma de chuva retorna para a atmosfera por evaporação antes de chegar ao solo (FERREIRA et al., 2005).

A quantidade de chuva interceptada por um ecossistema é influenciada por fatores ligados às características da precipitação, condições climáticas, tipo e densidade da vegetação e período do ano (SAMBA et al., 2001; TUCCI, 2001).

Nas áreas florestais, a interceptação impacta o equilíbrio entre água de

captação e reciclagem da umidade. Herbst et al. (2008), Tsiko et al. (2012) e Xiao et al. (2000), têm demonstrado a importância da interceptação da chuva dentro do ciclo hidrológico em diferentes tipos de florestas, podendo chegar a representar entre 10 e 50 % da precipitação total (KLAASSEN et al., 1998). Nesse sentido, a cobertura vegetal florestal exerce diversas funções para o meio, sendo algumas delas o controle e redistribuição da entrada de água no solo e a interceptação de parte da precipitação pelo armazenamento de água nas copas arbóreas e/ou arbustivos, de onde é perdida para atmosfera por evapotranspiração durante e após as chuvas (COELHO NETTO, 1994). Assim, as florestas são consideradas áreas com altas taxas de infiltração, capacidade de armazenamento de água das chuvas e com raras ocorrências de fluxo superficial. A atuação da cobertura vegetal na entrada de fluxos de água se dá pelos componentes elencados na representação esquemática abaixo, onde P é precipitação; ET é evapotranspiração; A_t é armazenamento nas copas; A_s é atravessamento nas copas; F_t é fluxo nos troncos e P_t é precipitação terminal.

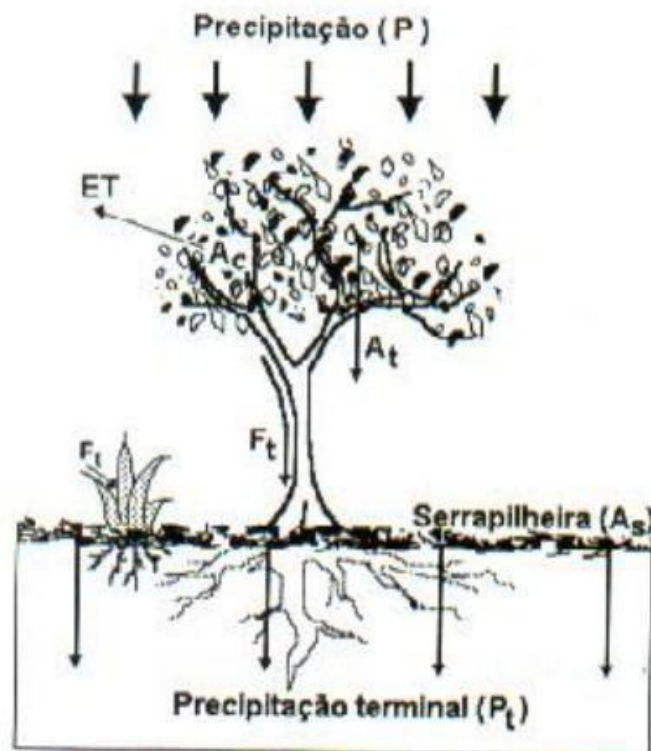


Figura 1 - Componentes da interceptação (COELHO NETTO, 1994)

Parte da precipitação total de um evento de chuva é interceptada pela superfície da floresta, ficando retida e redistribuída ao solo ou evaporada posteriormente. A chuva que passa pela vegetação e chega ao solo é chamada de chuva interna. A água que chega ao solo por meio dos troncos das árvores é chamada de escoamento pelo tronco. A parte da chuva que é interceptada pelas copas das árvores e evapora durante e após a precipitação é chamada de perda por interceptação da copa. Essas variáveis dependem de fatores relacionados tanto com a vegetação quanto com as condições climáticas nas quais a floresta está inserida (BRUTSAERT, 2005; DAVID et al., 2005).

Dentre os fatores meteorológicos podem ser citados: a quantidade de chuva e sua intensidade, a taxa de evaporação, a velocidade do vento, e os intervalos de tempo entre eventos sucessivos (CROCKFORD; RICHARDSON, 2000). Fatores biológico correspondem à estrutura do dossel florestal, que é afetada pela densidade, posição e composição de espécies das árvores, além da inclinação e diâmetro do tronco, projeção da copa, ângulo médio e número de galhos primários e quantidades das folhas dos indivíduos arbóreos (LEVIA et al., 2015). De fato, as características da folha, distribuição espacial e densidade, arquitetura do ramo, textura da casca e, no caso das espécies de caducifólias, fenofase são fatores que influenciam a interceptação da chuva e a redistribuição espacial em floresta (LEVIA JR; FROST, 2003; NÁVAR, 2011; OLIVEIRA et al., 2008; XIAO; MCPHERSON, 2011).

Segundo Giglio e Kobiyama (2013) poucos estudos de medição da interceptação da chuva são realizados em florestas nativas brasileiras, sendo encontrados predominantemente na região Amazônica e Mata Atlântica. As florestas do domínio da Mata Atlântica nas quais existem estudos são: Floresta Ombrófila Densa e Mista, Floresta Seca, Floresta Paludosa e Floresta Estacional Semidecidual. Em florestas da Mata Atlântica, a perda por interceptação varia de 8 a 21%, a chuva interna varia de 78 a 97% e 0,2 a 3,3% da chuva escoam pelos troncos.

De modo geral, os trabalhos mostram que a interceptação em florestas tropicais varia em torno de 4,5 a 24,0 % da precipitação total incidente acima do dossel, evidenciando a importância desse tipo de vegetação para a bacia hidrográfica e para os estudos hidrológicos (LORENZON, 2011).

Segundo Tucci (2001), pequenas precipitações (< 0,3 mm), podem ser

totalmente interceptadas por uma floresta, sendo a folhagem a grande responsável pela maior parte da interceptação, embora a disposição também contribua significativamente para a retenção da água. Nalon & Vellardi (1993), verificaram que a taxa de interceptação é maior para um período caracterizado por apresentar chuva de baixa magnitude, intensidade e frequência.

Para florestas tropicais, alguns resultados da interceptação mostram valores médios de 37,6 % (LIMA & LEOPOLDO, 1999) e 12,7 % (MOURA et al., 2009). Lima & Nicolielo (1983), encontraram valores de interceptação de 12,0 %, aproximadamente, para plantios de pinheiros tropicais e 27,0 % para o cerrado.

No estado de Santa Catarina, Sá (2019) demonstrou, em pesquisa realizada em duas bacias cobertas por Floresta de Mata Atlântica (ombrófila densa e mista), que a chuva interna variou entre 58 e 73% em relação à precipitação total, de modo que o volume do escoamento pelo tronco variou de 1,5 a 6% da chuva externa e não apresentou correlação forte com nenhum parâmetro da estrutura da copa. Ele aponta ainda que, nas bacias estudadas, a estrutura da árvore interferiu no volume distribuído do escoamento pelo tronco e da chuva interna e argumenta que as características da chuva externa influenciam na dinâmica do processo de interceptação, sendo que a capacidade de armazenamento da copa é parcialmente restaurada várias vezes durante um evento.

Já em Floresta Estacional Decidual, Deon (2015) analisou o processo de interceptação em duas áreas, na região de Santa Maria - RS, na cabeceira da bacia do Rio Vacacaí Mirim, onde o maior valor de interceptação foi verificado na primeira área 46,63% da precipitação incidente e na segunda área foi 43,93% da precipitação incidente. Dessa forma, seus resultados mostraram que a interceptação é um componente fundamental do ciclo hidrológico e, em geral, subestimada pelos modelos hidrológicos.

Guirao e Filho (2013) indicaram que, no período de janeiro a dezembro de 2009, a chuva interna representou 71% da chuva total e 29% da chuva foi interceptada em um fragmento remanescente de Mata Atlântica predominantemente urbano, em Campinas (SP). Sari et al (2015), em estudos conduzidos em duas parcelas na região sul do Brasil, constituídas por vegetação do tipo mata nativa (Floresta Estacional Decidual), característica do domínio Mata Atlântica,

demonstraram que: a precipitação total (P) observada foi igual a 2046,50 e 1726,23 mm, enquanto a interceptação estimada foi de 17,76 e 16,90% da precipitação total em cada uma das parcelas, respectivamente. De modo que os valores de interceptação observados encontram-se dentro da faixa reportada por outros autores para vegetação semelhante, salientam.

Também em monitoramentos hidrológicos realizados em área coberta por Floresta Latifoliada Perenifólia, Mata Atlântica, em Cunha-SP, conclui-se que, em média, 18,6% da precipitação foi interceptada pela floresta, retornando à atmosfera na forma de vapor. Um montante de 81,2% alcançou o piso como precipitação interna e apenas 0,2% como escoamento pelo tronco. Os fluxos de precipitação interna e escoamento pelo tronco foram maiores no período caracterizado como chuvoso e os percentuais de interceptação foram superiores no período pouco chuvoso (ARCOVA et al, 2003).

3. 2) Floresta Estacional Semidecidual

De acordo com Coura (2007), o estado de Minas Gerais apresenta uma grande diversidade de tipos vegetacionais e passa por uma elevada taxa de conversão da cobertura do solo para fins econômicos (agricultura, pecuária, mineração e outras) agrupados em três grandes domínios: Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga, com inúmeras formações fitoecológicas. Segundo o Mapa de Biomas do Brasil (IBGE, 2019), o domínio do Cerrado, localizado na porção centro-ocidental, ocupa cerca de 54% da extensão territorial do estado de Minas Gerais, o domínio da Mata Atlântica, localizado na porção oriental, ocupa cerca de 40% da área do estado e o domínio da caatinga, restrito ao norte do estado, ocupa cerca de 6% do território mineiro. Desse modo, o domínio da Mata Atlântica é o segundo maior em Minas e caracteriza-se pela vegetação densa e permanentemente verde, registrando elevados índices pluviométricos. Encontram-se nesse ecossistema muitas bromélias, cipós, samambaias, orquídeas e líquens.



Figura 2 - Classificação fitogeográfica do Projeto RADAMBRASIL (VELOSO, et al. 1991)

Coura (2007) explica que Floresta Estacional Semidecidual é entendida por uma formação florestal ligada ao clima de duas estações, ou seja, uma chuvosa e outra seca, ou com acentuada variação térmica, e com estacionalidade foliar dos elementos arbóreos dominantes, os quais têm adaptação à deficiência hídrica ou à queda de temperatura nos meses mais frios (figura 3). O conceito ecológico deste tipo florestal é estabelecido em função da ocorrência de clima estacional que determina semideciduidade da folhagem da cobertura florestal, constituída por fanerófitos com gemas foliares protegidas da seca por escamas (catáfilos ou pelos), tendo folhas adultas esclerófilas ou membranáceas decíduais. A percentagem das árvores caducifólias no conjunto florestal deve situar-se entre 20 e 50% (RADAMBRASIL, 1982).



Figura 3 - Floresta Estacional Semidecidual (COURA, 2007)

Segundo o IBGE (2012), somente quatro formações foram delimitadas no país: Aluvial, Terras Baixas, Submontana e Montana, isso porque este tipo florestal é bastante descontínuo e sempre situado entre dois climas, um úmido e outro árido (figura 4). São poucas as áreas ocupadas pela formação Montana no Brasil, estabelecida acima de 500 m de altitude. Situam-se principalmente na face interiorana da Serra dos Órgãos, no Estado do Rio de Janeiro e na Serra da Mantiqueira, nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (Itatiaia) e do Espírito Santo (Caparaó). A formação Montana é quase sempre dominada pelo gênero *Anadenanthera* que às vezes constitui consorciações da *ochlospecie* *Anadenanthera peregrina* (L) Speg, localizada principalmente nos sills basálticos ainda conservados.

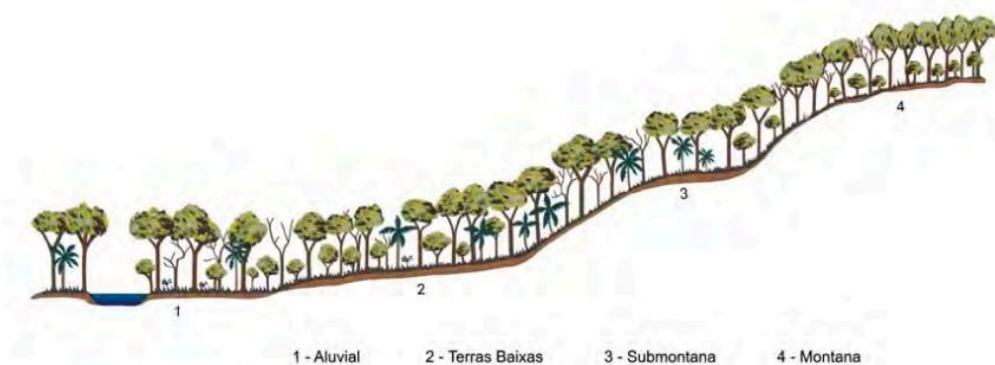


Figura 4 - Perfil esquemático da Floresta Semidecidual (IBGE, 2012)

Nesse sentido, o presente estudo se fundamenta na classificação fisionômico-ecológica proposta pelos fitogeógrafos do Projeto RADAMBRASIL (VELOSO; GÓES-FILHO, 1982). Este, por sua vez, se baseia na classificação universal de Ellenberg e Mueller-Dombois (1967), que obedece a um sistema hierárquico de formações, distribuídas pela ordem de classe até a formação propriamente dita, seguidas de subformações (figura 5).

Tipos de Vegetação				Formações	
CLASSES DE FORMAÇÕES	SUBCLASSES DE FORMAÇÕES	GRUPOS DE FORMAÇÕES	SUBGRUPOS DE FORMAÇÕES	FORMAÇÕES (Propriamente ditas)	SUBFORMAÇÕES
Estrutura/ Formas de vida	Clima/ Déficit hídrico	Fisiologia/ Transpiração e Fertilidade	Fisionomia	Ambiente/Relevo/Hábitos	Fisionomia específica (Fácies)
FLORESTAL (Macrofanerófitos, Mesofanerófitos Lianas e Epífitos)	OMBRÓFILA (0 a 4 meses secos)	Higrófito (Distróficos e Eutróficos)	FLORESTA OMBRÓFILA DENSA	Aluvial Terras Baixas Submontana Montana Altomontana	Dossel uniforme Dossel emergente
			FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA	Terras Baixas Submontana Montana	Com palmeiras Com cipó Com bambu Com sororoca
			FLORESTA OMBRÓFILA MISTA	Aluvial Submontana Montana Altomontana	Dossel uniforme Dossel emergente
	ESTACIONAL (4 a 6 meses secos ou com 3 meses abaixo de 15°)	Higrófito/Xerófito (Álicos, Eutróficos e Distróficos)	FLORESTA ESTACIONAL SEMPRE VERDE	Aluvial Terras Baixas Submontana	Dossel uniforme Dossel emergente
			FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL	Aluvial Terras Baixas Submontana Montana	Dossel uniforme Dossel emergente
			FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL	Aluvial Terras Baixas Submontana Montana	Dossel uniforme Dossel emergente

Figura 5 - Esquema de classificação da vegetação florestal brasileira (IBGE, 2012).

4. Área de estudo

4.1 Localização e breve histórico

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) define unidade de conservação como o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

Segundo a Lei 9.985 de 18 de julho de 2000 – Lei do SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação), a área de estudo apresenta duas Unidades de Conservação sobrepostas: a APA Serra São José e o Refúgio de Vida Silvestre das Libélulas de São José. Enquadra-se como uma unidade de Uso Sustentável e o Refúgio de Vida Silvestre Estadual Libélulas de São José como uma Unidade de Proteção Integral que, de acordo com Art 13º § 3º desta lei, pode ser visitada publicamente, desde que possua plano de manejo e que as normas estabelecidas pelo órgão responsável por sua gestão sejam cumpridas (PEREIRA *et al.*, 2008). No entanto, salienta-se que as referidas UC's não possuem plano de manejo até o vigente ano. Nessas Unidades de Conservação, destacam-se o patrimônio natural, com presença de biodiversidade peculiar, recoberta por vegetação com espécies da Mata Atlântica e do Cerrado. Apresenta ainda grande diversidade de formas de relevo.

A área de estudo está inserida em uma área de Floresta Estacional Semidecidual entre a área urbana de Tiradentes e a Serra de São José (figura 6). Esta foi declarada APA Estadual em 16 de fevereiro de 1990, por abrigar imensa riqueza de espécies. É classificada como de alta prioridade no mapa de Prioridades para Conservação no Estado de Minas Gerais, da Fundação Biodiversitas. Abrange parte dos municípios de Tiradentes, Santa Cruz de Minas, São João del-Rei, Coronel Xavier Chaves e Prados, na microrregião geoeconômica de São João del-Rei, integrante da mesorregião Campo das Vertentes, em Minas Gerais (RESENDE *et al.*, 2015). Ocupa uma área de aproximadamente 5.000 ha e está localizada entre as coordenadas UTM 581554 mE, 7674297 mS; 594970 mE, 7663891 mS.

Além disso, há presença secular da população rural local residente nas redondezas - que vive da agricultura e pecuária de subsistência. O uso e ocupação do solo na área

da APA é predominantemente rural. No entanto, há porções com características urbanas, como são os casos do povoado de Águas Santas, uma faixa da sede urbana de Tiradentes e áreas de parcelamento de São del-Rei que já ultrapassam os limites da APA (FABRANDT, 1997). Segundo informações do Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF/MG) citadas por RESENDE *et al.* (2015), a área foi intensamente explorada nos séculos XVIII e XIX, principalmente devido à presença de ouro em seus limites, abundantemente extraído da região. Ainda hoje, o conjunto vegetacional da Serra São José é ameaçado pela expansão urbana, desmatamento para implantação de pastagem e os recorrentes incêndios registrados sazonalmente, principalmente no período de maiores estiagens (julho a setembro).

Em uma escala local, a área de estudo se insere em uma encosta florestada situada no entorno da Pousada Candonga da Serra, a qual se encontra na Estrada Velha Tiradentes a 14km de distância do município de São João del-Rei. A Candonga da Serra foi inaugurada em 30 de junho de 1995, sendo considerada uma das primeiras pousadas instaladas na cidade. Localiza-se no sopé da serra em uma área de aproximadamente 400 mil m² com mais de 90% desta área preservada.



Figura 6 - À direita, justaposição da APA São José (amarelo) e REVS (verde); à esquerda, destaque para Pousada Candonga da Serra junto às localizações da parcela amostral e área-laboratório (75m de distância entre ambas) (Adaptado do Google Earth).

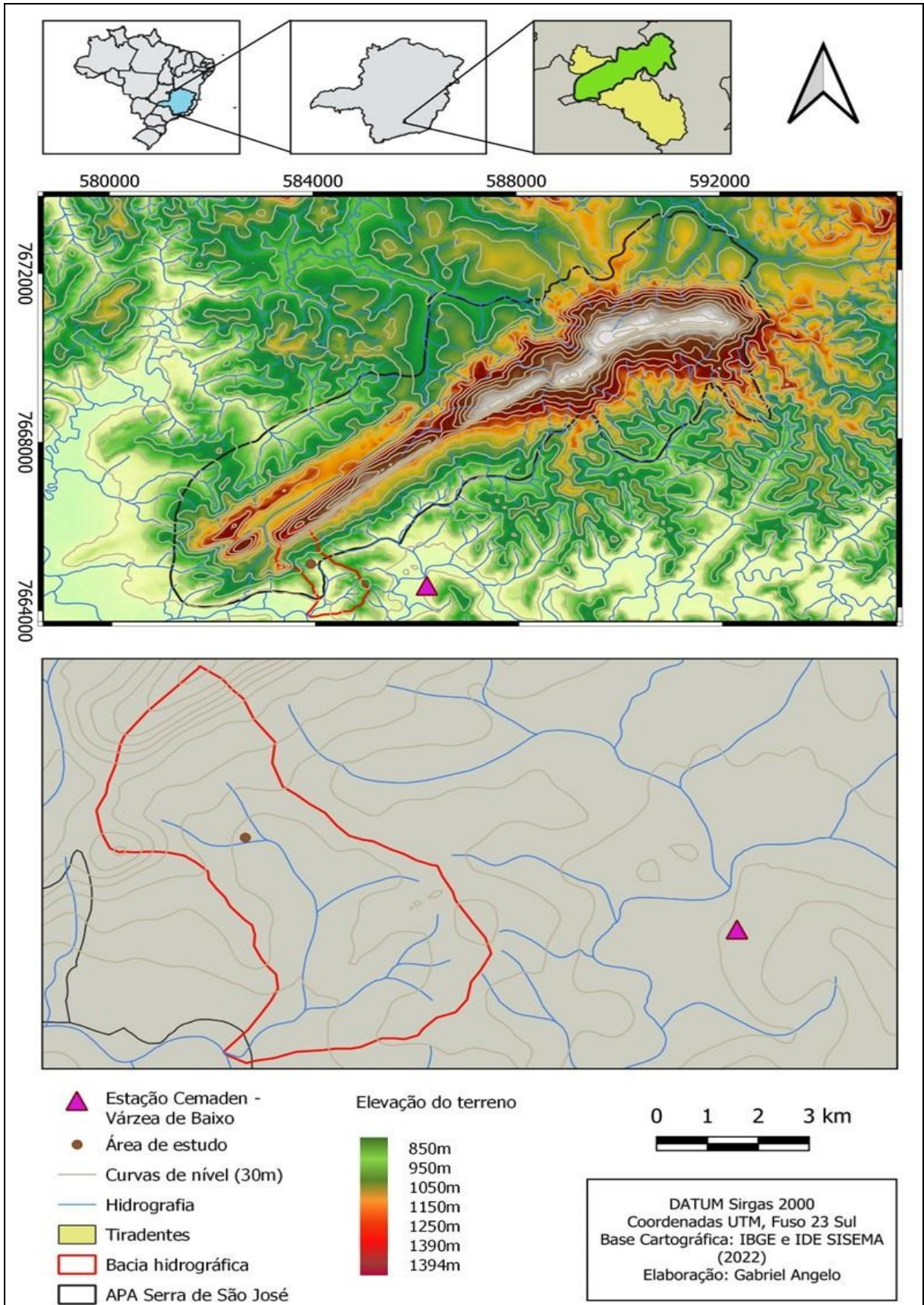


Figura 7: Topografia e localização da área de estudo

4. 2 Componentes naturais

A região a ser estudada encontra-se sob clima Cwb subtropical moderado úmido, segundo a classificação de Köppen-Geiger (CARVALHO et al. 1994), que também pode ser classificado como tropical de altitude e a precipitação média anual é em torno de 1.500 mm. A vegetação natural predominante é a Floresta Estacional Semidecidual Montana conforme aponta estudo conduzido por Gonzaga et al. (2008) com ocorrência de vegetação de cerrado e campos rupestres nos topos.

A área estudada se dá na borda do fragmento de floresta e também da área de proteção ambiental, o que permite também avaliar possíveis efeitos de borda que podem interferir nos processos hidrológicos estudados. A área de encosta, por estar em situação similar a outras áreas de Mata Atlântica, permite extrapolar os resultados para áreas com condições similares. Trata-se de um enclave de Mata Atlântica, em que seu desenvolvimento é favorecido por condições ambientais, tal como, estar situado no sopé da montanha, e com condições de umidade e microclimas favoráveis.



Figura 8: Canal fluvial localizado no fundo de vale adjacente à encosta experimental em que foi desenvolvido o presente estudo

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (2008), a hidrografia da Serra de São José está inserida na sub-bacia hidrográfica do Rio das Mortes, que por sua vez integra a bacia hidrográfica do Rio Grande, bacia que engloba os estados de Minas Gerais e São Paulo, dividida em 60,2% e 39,8%, respectivamente em cada estado (Figura 9). Teixeira (2019) aponta que a nascente do Rio das Mortes localiza-se na divisa entre os municípios de Barbacena e Senhora dos Remédios, a aproximadamente 1.200 m de altitude, a partir da qual o Rio percorre, aproximadamente, 280 km até desaguar no Rio Grande, no município de Ibituruna.



Figura 9 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Grande (IPT, 2008)

De acordo com a Agência Regional de Proteção Ambiental da Bacia do Rio Grande, a Bacia Hidrográfica do Rio Grande – BHRG situa-se na Região Sudeste do Brasil na divisa entre os Estados de Minas Gerais e São Paulo possui área de drenagem de 143.437,79 km² sendo 57.092,36 Km² (39,80%) no estado de São Paulo e 86.345,43 (60,20%) em Minas Gerais. Na BHRG situam-se 14 unidades de gestão: 6 localizadas no Estado de São Paulo, denominadas Unidades de Gerenciamento de

Recursos Hídricos (UGRHs), e 8 no Estado de Minas Gerais, denominadas Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) sob a sigla específica GD (IPT, 2008). Tanto a GD1 - Alto do Rio Grande, quanto a GD2 - Vertentes do Rio Grande compreendem o território de São João del-Rei. Sendo que cada unidade é administrada por um comitê estadual que, segundo a Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico, são entes do Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos e constituem o “Parlamento das Águas”, espaço em que representantes da comunidade de uma bacia hidrográfica discutem e deliberam a respeito da gestão dos recursos hídricos compartilhando responsabilidades de gestão com o poder público. Nesse caso: Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Alto Rio Grande e Comitê da Bacia Hidrográfica Vertentes do Rio Grande. Salienta-se que, de acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas, a nomenclatura GD2 se refere à Bacia Hidrográfica dos Rios das Mortes e Jacaré, cujo comitê, que se encontra em processo de formação, leva o mesmo nome.

A Bacia Hidrográfica do Rio Grande está inserida em uma região de predominância dos domínios Cerrado e Mata Atlântica e seu clima se caracteriza pelo Tropical Brasil Central. Com exceção de pequenas áreas em que se registram variações em torno do tipo Mesotérmico Brando (subtropical temperado), as temperaturas médias anuais são de 22°C oscilando entre 16 e 18°C (ARPA, 2019). Em síntese, é possível compreender que a área de estudo integra, numa ordem decrescente, os seguintes sistemas de bacias: a região hidrográfica do Paraná que, por sua vez, é subdividida em seis unidades principais, do qual a bacia do Rio Grande faz parte e têm como um de seus afluentes o rio das Mortes, o qual nasce na serra da Mantiqueira. Sendo que seus principais tributários são os rios: Santo Antônio, das Mortes Pequeno, Elvas, Carandaí e Loures.

O presente estudo, embora seja realizado em uma pequena sub-bacia nas vertentes da serra de São José, é de grande importância, visto a necessidade de se conhecerem os processos hidrológicos dessas vertentes em uma perspectiva sistêmica, pois, é o somatório desses processos e fluxos hidrológicos nas vertentes, que tendem a convergir para os canais fluviais, formando as maiores bacias de drenagem e por vezes propagando problemas ambientais diversos.

Do ponto de vista geológico a área de estudo embasada por metassedimentos de baixo grau metamórfico do grupo São João del-Rei, do Proterozóico Inferior, composto por cinco formações. As litologias da Formação

Tiradentes compõem a Serra São José e são constituídas por metarenitos puros com níveis ortoconglomeráticos e estruturas preservadas (como “ripples”: marcas de ondas), relacionadas com o limite da área emersa do paleocontinente Pré-Cambriano. A região faz parte do planalto de Andrelândia, caracterizado por colinas com topos convexos e tabulares e encostas convexizadas. Elevações metareníticas como a Serra São José representam estruturas com vertentes assimétricas, sendo a parte voltada para sudeste e sul uma escarpa vertical, mostrando efeitos do basculamento a que foram submetidas (RADAMBRASIL, 1983). Os solos predominantes na região são os Cambissolos, são encontrados também os Latossolos e os Argissolos, os Gleissolos Neossolos Flúvicos, os Neossolos Litólicos e os Neossolos Quartzarênicos (SILVA, 1994, SILVA et al., 2004).

A área escolhida como área-laboratório, se localiza na vertente voltada para sudeste na serra de São José. Essa vertente, possui escarpas íngremes e na base de suas encostas, ocorre a cobertura vegetal de floresta estacional semidecidual, tal como indicam Gonzaga et al. (2008), como observado na figura 11. O contraforte exercido pela serra de São José, configura um cenário de beleza natural, que aliado às construções históricas da cidade de Tiradentes, resultam em um atrativo turístico de relevância nacional. A área-laboratório trata-se de uma área de encosta recoberta pela floresta estacional em bom estado de conservação, localizada no interior de uma área protegida e de propriedade de uma pousada. No fundo de vale da área escolhida como amostral, encontra-se a presença de um canal fluvial, como visto na figura

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Mensurações de chuva e interceptação pela vegetação

A serra de São José, onde se localiza a área de estudo, está situada no centro-sul do estado de Minas Gerais, entre as coordenadas geográficas de 21 °00' a 21 °02' de latitude sul e 44 °00' a 44 ° 15' de longitude, fazendo parte do sistema da serra da Mantiqueira (Filho et al, 1993). Segundo a Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM (2018), apresenta diversas fitofisionomias distintas, dentre as quais destacam-se: o Campo, o Campo Rupestre e a Floresta Estacional Semidecidual Montana. Os dois primeiros pertencem ao domínio Cerrado e o terceiro tipo de fitofisionomia é encontrado na área de estudo pertencente ao domínio Mata Atlântica. As Florestas Estacionais Semidecíduais estão localizadas principalmente nas regiões sul / sudeste do estado de Minas Gerais e concentram-se em fragmentos dispersos ao longo de toda esta região (CARVALHO, 2001).

Em relação às precipitações pluviométricas, Coelho Netto (1994) explica que podem ser mensuradas por meio de pluviômetros, sendo expressas em unidades de profundidade (geralmente em milímetros). Assume-se que a profundidade de água coletada pontualmente por estes instrumentos representa a mesma profundidade ou altura de chuva precipitada sobre a área circundante. A água acumulada no interior do cilindro é lida por meio do auxílio de provetas, sendo empregada a fórmula descrita na figura 10.

$$P \text{ (mm)} = r^2 \frac{h}{R}, \text{ onde}$$

P = altura de precipitação (em milímetros);

R = raio do pluviômetro;

r = raio da proveta;

h = altura da coluna d'água na proveta.

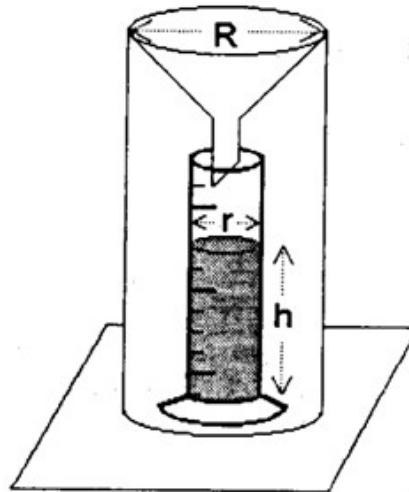


Figura 10 - Representação esquemática de pluviômetro com proveta graduada interna junto à fórmula (COELHO NETTO, 1994)

Os dados de chuva da série amostral histórica, período entre 1941 e 2019, foram obtidos através da estação pluviométrica Porto Tiradentes operada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e disponibilizada no portal da Agência Nacional de Águas (ANA). Essa estação fica localizada próximo à divisa dos municípios de São João del-Rei e Santa Cruz de Minas. A escolha dessa estação se deu em virtude de ser a mais próxima com uma série amostral longa. Os dados de chuvas da série foram sistematizados de forma a serem apresentados os totais acumulados anuais, sua média histórica e linha de tendência.

Para o monitoramento dos fluxos hidrológicos florestais de interceptação e fluxo de atravessamento, foram confeccionados pluviômetros artesanais constituídos de tubos de PVC. Os tubos que possuem o diâmetro de 100 mm, foram serrados e encaixados um tampão para que se configurassem como recipientes. A dimensão de

altura dos coletores foi de 30 cm para a encosta sob a floresta, e 40 cm para a área aberta. Eles tiveram as suas bordas lixadas para que minimizassem a divisão das gotas em caso de contato com as bordas, e também tiveram os contatos entre tubos e tampões vedados com pasta silicone, com o intuito de evitar a perda de água armazenada. Na parte superior do pluviômetro artesanal, foi construído um aparato (figura 11) para que funcionasse como um anteparo para evitar gotejamento para fora do recipiente e que viesse a evitar a evaporação da água coletada. Esse anteparo foi constituído pelas partes superiores de garrafa pet e uma bola de tênis de mesa.



Figura 11: Materiais utilizados para confecção do pluviômetro artesanal (à direita) e pluviômetro montado em campo, com destaque para a parte superior do recipiente (à esquerda).

Na encosta escolhida como laboratório, os pluviômetros foram fixados em uma base de madeira, de modo que ficassem a uma distância de 1,5 m do piso florestal, para evitar a entrada de água e sedimentos originados pelo gotejamento da água no solo. A instalação obedeceu às características da encosta, visando avaliar a

variabilidade espacial do atravessamento em diferentes posições topográficas. Os pluviômetros artesanais foram divididos em plano amostral composto por três perfis: perfil 1 (P1), perfil 2 (P2) e perfil (P3), com três pluviômetros em cada perfil, ao longo da encosta, desde a parte superior (P1) até próximo ao fundo de vale (P3), próximo ao canal fluvial.

Os dados com os totais de chuvas atravessados e armazenados nos pluviômetros artesanais foram coletados semanalmente, conforme visto na figura 13. As coletas eram realizadas aos sábados no período da tarde, isso decorreu da necessidade de homogeneização do intervalo de tempo entre as diferentes semanas amostradas. No total foram mensuradas dez semanas ao longo do período chuvoso, entre outubro de 2021 e fevereiro de 2022. Em campo, o total armazenado foi contabilizado através de uma proveta graduada em ml, computado em uma planilha/protocolo de campo, previamente confeccionada.

Em virtude dos valores reduzidos, como anteriormente mencionado, não foi considerado o fluxo do tronco. Nesse sentido, Horton (1919) observou que o escoamento pelo tronco representa uma proporção muito pequena da chuva externa. Este resultado pode estar associado à dificuldade de se medir e estimar o volume escoado pelos troncos. O escoamento pelo tronco varia de 0 a 10% da chuva externa em florestas brasileiras heterogêneas (GIGLIO; KOBAYAMA, 2013). Esses valores também são encontrados em ecossistemas tropicais nas quais o escoamento pelo tronco varia de 1 a 14% (LEVIA JR; FROST, 2003). Em termos globais a estimativa do escoamento pelo tronco varia de 1 a 45% da chuva externa. Essa variabilidade se deve às diferentes condições meteorológicas e composições florestais de cada região estudada (SÁ, 2019)



Figura 12: à direita (a), detalhe dos pluviômetros artesanais perfilados sob o dossel florestal. À esquerda (b), mensuração dos fluxos em campo.

Semanas	Dias
1	31/10 a 06/11/21
2	06/11 a 13/11/21
3	13/11 a 20/11/21
4	20/11 a 27/11/21
5	27/11 a 04/12/21
6	04/12 a 11/12/21

7	11/12 a 18/12/21
8	05/02 a 12/02/22
9	12/02 a 19/02/22
10	19/02 a 26/02/22

Figura 13: Quadro com as semanas amostradas e os respectivos intervalos de datas.

O monitoramento de entrada de chuvas da área-laboratório foi realizado através de medidas em pluviômetro artesanal, localizado em área de clareira próximo à área-laboratório (figura 14). A localização do pluviômetro se deu a partir de um raio de área aberta acerca de 75 m da parcela demarcada, para obter uma entrada livre de chuva, sem interferências da vegetação e considerando a possibilidade de incidência de vento.



Figura 14 - Pluviômetro artesanal localizado em área de clareira.

5.2) Caracterização da estrutura da vegetação

Para o levantamento das características da estrutura da vegetação adotou-se o método dos quadrados, também conhecido por método das parcelas. Tal procedimento é um dos mais usados para o levantamento por amostragem da diversidade vegetal presente em determinado ambiente. Segundo Silva e Lopes (1982), ele se baseia na premissa de que árvores ocorrem em grupos ou colônias e que o número de indivíduos por grupo tem também uma outra distribuição específica, de modo que os dados de campo consistem no número de árvores por quadrado (parcela). O presente estudo contempla apenas uma parcela.

Inicialmente, foram utilizadas quatro estacas de madeira de 1,55m para demarcar uma única parcela, de modo que cada estaca foi fincada a uma distância de 3m a partir do pluviômetro de cada vértice da parcela demarcada (Figura 15). Julgou-se que tal distância seria suficiente para abarcar ao máximo as copas arbóreas dos indivíduos amostrados que sofreram o processo de interceptação dentro da parcela demarcada. Em seguida, utilizou-se barbante para fechar o perímetro da área como representado na figura 16. Dessa forma, as medidas da largura e comprimento foram calculadas em cerca de 10m e 15m, respectivamente. Sendo que a área total da parcela foi estimada em 150m² e seu perímetro em 50m, por meio do auxílio de trena e fita métrica. A declividade não foi considerada para a demarcação da área, portanto o barbante seguiu a inclinação da encosta

Com a parcela amostral já demarcada, foram levantados todos os indivíduos arbóreos por meio de uma fita métrica para a medição do perímetro à altura do peito (PAP) na altura de 1,30m a partir do piso florestal, utilizada para mensurar a circunferência do tronco de uma árvore expressa em centímetros, onde foi posteriormente calculado o seu diâmetro à altura do peito (DAP), cujo critério de inclusão foi de 5cm para o perímetro. Além disso, foi estimado, sob observação visual e com auxílio de uma trena, os dados relacionados às alturas do fuste e total dos indivíduos amostrados. Calculou-se também a densidade de indivíduos (ind/ha) e área

basal (m^2/ha). Tais informações foram coletadas ao longo de quatro sábados, registradas em protocolo de vegetação previamente confeccionado e posteriormente transferidas para uma planilha estatística. A identificação das espécies não foi considerada para o presente trabalho.

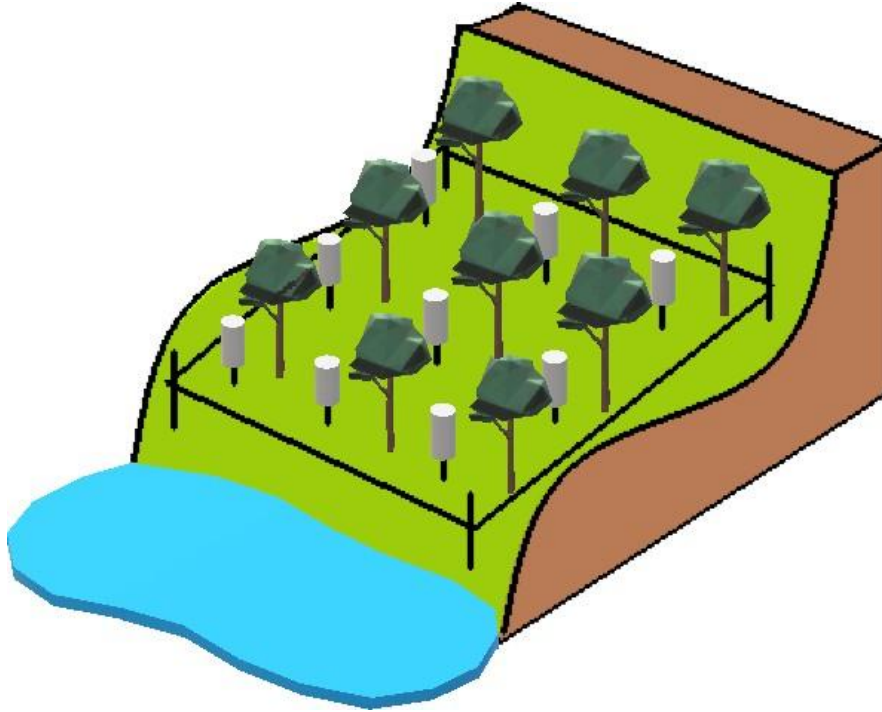


Figura 15 - Representação esquemática da posição dos pluviômetros artesanais e da parcela amostral da vegetação na encosta-laboratório. De cima para baixo: perfis 1, 2 e 3.

6- RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1) Série temporal

Os dados referentes à série histórica da região, a partir dos dados coletados na estação Porto Tiradentes, apresentaram uma média histórica de 1472 mm de precipitação acumulada anual. É possível verificar anos de pouca precipitação como 1963 (816 mm) e 2014 (931 mm) e muito chuvosos como 1983 (2270 mm) e 1996 (1961 mm).

Importa destacar que, além dos extremos observados, é possível verificar a variabilidade dos totais acumulados ao longo de toda a série histórica, como visto na figura 16. Essa análise é importante para verificar as condições ambientais do padrão de entrada de chuvas na região, pois para o processo estudado, as chuvas se configuram como entradas de fluxo e energia no sistema ambiental. A sazonalidade se apresenta por períodos bem definidos ao longo do ano hidrológico, tanto o período chuvoso como o período seco.

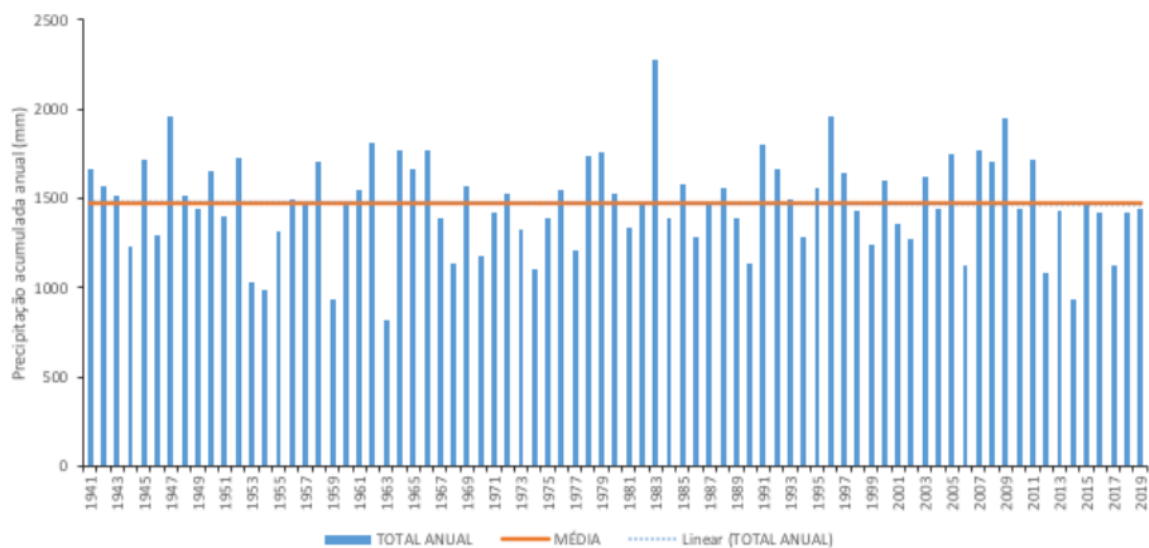


Figura 16: Série histórica do regime pluviométrico acumulado entre 1941 e 2019

Dentre os anos de baixa precipitação pluviométrica mencionados, 2014 foi objeto de estudos conduzidos por Honório et al. (2020) sobre as variabilidades pluviométricas espacial e temporal nas cidades de São João del-Rei e Tiradentes no biênio 2014/2015. Seus resultados atestam que o ano de 2014 foi bastante atípico quanto ao regime de chuvas, que foi mais seco e apresentou uma distribuição de chuvas mais homogênea ao longo do ano. Argumenta-se que tal fenômeno ocorreu em toda região sudeste do Brasil, devido à presença de um anticiclone de bloqueio que se estabeleceu durante boa parte do verão sobre a referida região, resultado da mudança de direção da umidade oriunda da Amazônia que se concentrou no oeste amazônico (MARENGO et al.; 2015).

Resultados similares foram encontrados por Vervloet (2016) que, em pesquisa levantada para o mesmo biênio para o estado do Espírito Santo, constatou que os registros evidenciam a presença de uma variabilidade natural com ciclos de 4 a 7 anos de aumento das chuvas intercalados com períodos de diminuição, onde pode haver estiagens que podem ocasionar problemas sérios de acesso aos recursos hídricos e conservação da cobertura vegetal nativa.

Em relação ao comportamento das precipitações durante o período de mensuração, foi selecionada a estação pluviométrica Várzea de Baixo, de propriedade do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), a fim de avaliar o nível de correlação dos dados obtidos na estação com o pluviômetro da área aberta. Segundo Honório et al. (2020), a referida estação se localiza em um fundo de vale e próximo a corpos hídricos acerca de 3,4 km da área de estudo. Dentre os três postos pluviométricos disponíveis no município (Pacu, Várzea de Baixo e Parque das Abelhas), ele foi escolhido por apresentar os dados de chuva com maior coerência. Tais dados, acessíveis pelo site do CEMADEN, foram catalogados em planilha seguindo o mesmo período das mensurações realizadas para a parcela amostral. Dessa forma, a figura 17 indica que o coeficiente de correlação dos dados obtidos nestas duas localidades é elevado ($R^2 = 0,9343$), validando os dados obtidos na área de estudo com a estação pluviométrica.

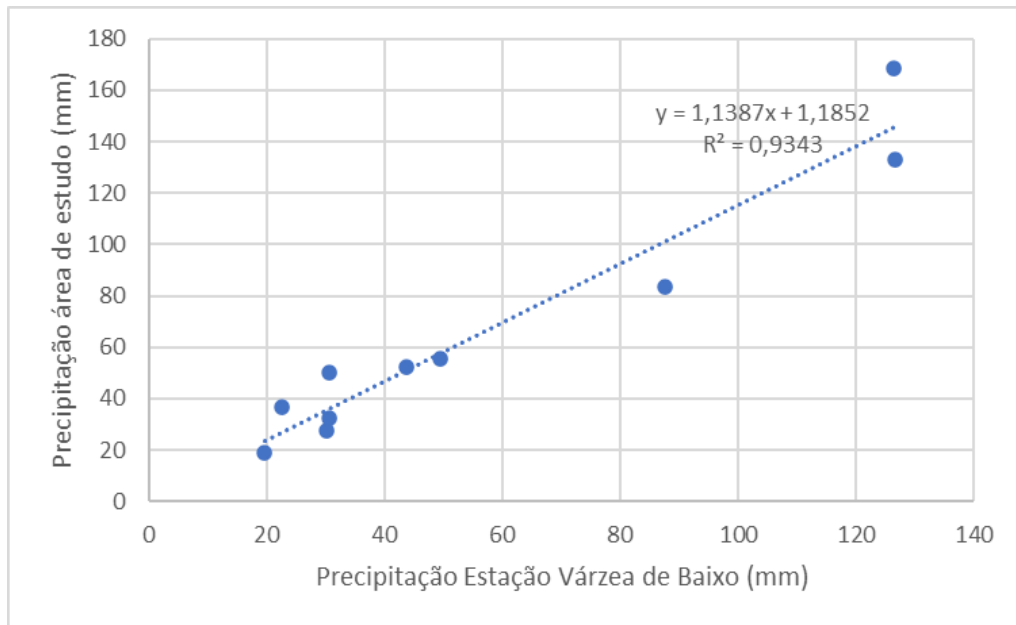


Figura 17 - Correlação entre a precipitação na área de estudo e na estação pluviométrica Várzea de Baixo.

6.1) Estrutura da vegetação

Em virtude da baixa interferência antrópica observada no local e do alto nível de adensamento vegetativo, infere-se que a vegetação presente na encosta estudada apresenta-se em bom estado de conservação com a presença de alguns indivíduos arbóreos de maior porte (altura média de 6,05m) e com diâmetro do tronco expressivo (DAP médio de 7,47cm). Visualmente, a parte superior, próxima ao perfil 1 dos pluviômetros, apresenta uma rarefação de vegetação em virtude da presença de um canal fluvial efêmero.

Já o perfil 3, próximo ao canal com fluxo constante no período chuvoso, apresenta uma maior quantidade e densidade de espécies arbóreas.

Infere-se que, na encosta, é possível encontrar desde espécies mais avançadas em termos de sucessão florestal, plântulas, espécies em crescimento arbóreo e gramíneas próximas ao solo. Dentre as espécies mais distintas observadas na parcela amostral, incluem: guaco (*Miconia laevigata*), jacatirão (*Miconia cinnamomifolia*) e samambaia-açu (*Dicksonia sellowiana*). Esta última, também conhecida por xaxim, se concentrou nos perfis 1 e 3, que, como mencionado, estão

situados próximos aos canais efêmero e com fluxo constante, respectivamente. Supõe-se que a localização desses indivíduos se deva à uma maior disponibilidade hídrica por parte dos corpos d'água.

No que diz respeito ao dossel florestal superior, de uma maneira geral, há um bom recobrimento de copas arbóreas, exceto a área próxima ao fundo de vale, como já mencionado. A visualização das copas arbóreas, vistas a partir de cada pluviômetro, pode ser observada na figura 18.



Figura 18: Dossel florestal visto a partir de cada um dos pluviômetros, sempre da esquerda para a direita. Acima, perfil 1 (pluviômetros 1, 2 e 3); na posição intermediária o perfil 2 (pluviômetros 4, 5 e 6); e abaixo, o perfil 3 (pluviômetros 7, 8 e 9).

Ao longo do levantamento da caracterização da vegetação foi encontrado um total de 69 indivíduos arbóreos com diâmetro a altura do peito (DAP) superior a 1,30m em um total amostrado de 150m². As medidas de área basal apontaram para um valor médio geral de 36,01m²/ha. Quanto à média geral na parcela referente ao diâmetro a altura do peito (DAP), obteve-se o valor de 7,47cm para a área de estudo. Já a altura média apontou para resultados de 6,05m. Ressalta-se que a presente pesquisa determinou 5cm como critério mínimo de inclusão para o levantamento da vegetação (PAP).

Tais dados permitiram a construção de uma tabela com os seguintes dados da estrutura vegetativa da parcela:

Área amostrada (m²)	150
Número de indivíduos	69
Critério mínimo de inclusão (cm)	5
DAP médio (cm)	7,47
Maior DAP (cm)	28,98
Menor DAP (cm)	1,53
Altura média (m)	6,05
Maior altura (m)	15
Menor altura (m)	2,15
Densidade de indivíduos (ind/ha)	4600
Área basal (m²/ha)	36,01

Figura 19 - Dados da caracterização vegetativa da área de estudo

6.1) Resultante hidrológica

Estudos conduzidos por Miranda (1992) na estação experimental do Alto Rio da Cachoeira, no maciço da Tijuca, demonstraram que chuvas de até 10mm poderiam ser totalmente interceptadas pelas copas, aumentando linearmente o fluxo de atravessamento com o aumento da chuva. Coelho Netto (1985), num estudo preliminar, encontrou uma taxa de 11% para a interceptação pelas copas na bacia do Alto Rio Cachoeira. Porém, a autora considerou em seus cálculos os espaços abertos do Parque Nacional da Tijuca, como estradas, parques, trilhas e estacionamentos. Silva et al. (2003), em estudo desenvolvido na floresta do Camorim localizada no maciço da Pedra Branca-RJ, de caráter secundário, apontaram para valores médios de intercepção do volume total das chuvas de 13,3% para o domínio do divisor de drenagem e de 29,7% para a área amostral localizada no fundo de vale.

Em relação ao atravessamento das chuvas pelas copas arbóreas, Vallejo & Vallejo (1981), Miranda (1992) e Negreiros (2004) mostraram, também na floresta da Tijuca, uma grande variação pontual do atravessamento de chuvas individuais pelas copas arbóreas. Essa variabilidade está associada a elementos estruturais da vegetação como a complexidade do dossel florestal e a morfologia da cobertura vegetal. No interior da floresta, é possível encontrar pontos com precipitação terminal superior aos valores de precipitação acima das copas arbóreas. Tal fato é assumido em função da umidade antecedente, composição e estrutura da vegetação, como o fato de árvores de grande porte terem galhos que se projetam em ângulos relativamente horizontais (MIRANDA, 1992), embora não seja uma regra para todas as florestas. Holwerda et al. (2006), em área de floresta tropical úmida na região alto Montana de Porto Rico, encontraram valores variando entre 73% e 77% de atravessamento das chuvas.

Segundo Miranda (op cit.), o fluxo de tronco (*stemflow*) representa baixa proporção em relação à penetração da água das chuvas no piso florestal, como observado na floresta da Tijuca, representando, em média, menos de 2% das chuvas, e sua ocorrência se dá com chuvas superiores a 7 mm. O autor ressalta a alta variabilidade espacial do fluxo de troncos, que resulta dos seguintes aspectos: diâmetro dos troncos e arquitetura das copas arbóreas.

Os dados referentes aos valores de fluxo de atravessamento (figura 20), chamam atenção por possuírem valores elevados, sobretudo no perfil 3, localizado

próximo ao canal fluvial e sob uma dinâmica mais próxima ao que é esperado em condição de fundo de vale. O referido perfil apresentou uma taxa total de 2133 mm para a entrada de água com uma média geral 117,82% para o fluxo de atravessamento. Sugere-se que, mesmo tendo uma maior densidade de copas, dada a maior disponibilidade hídrica no sistema, as árvores absorvem menos água pela intercepção florestais. Nesse perfil, os valores de fluxo de atravessamento excederam ao total precipitado em área aberta. Conforme descrito na introdução, isso ocorre por diversos fatores, tal como a morfologia das árvores (Miranda, 1992; Negreiros, 2004). Dada a posição do perfil de pluviômetros bem próximo ao fundo de vale nesse estudo, esses valores elevados de fluxoh de atravessamento podem ter uma relação com a topografia e a dinâmica de fluxos no sistema encosta-fundo de vale.

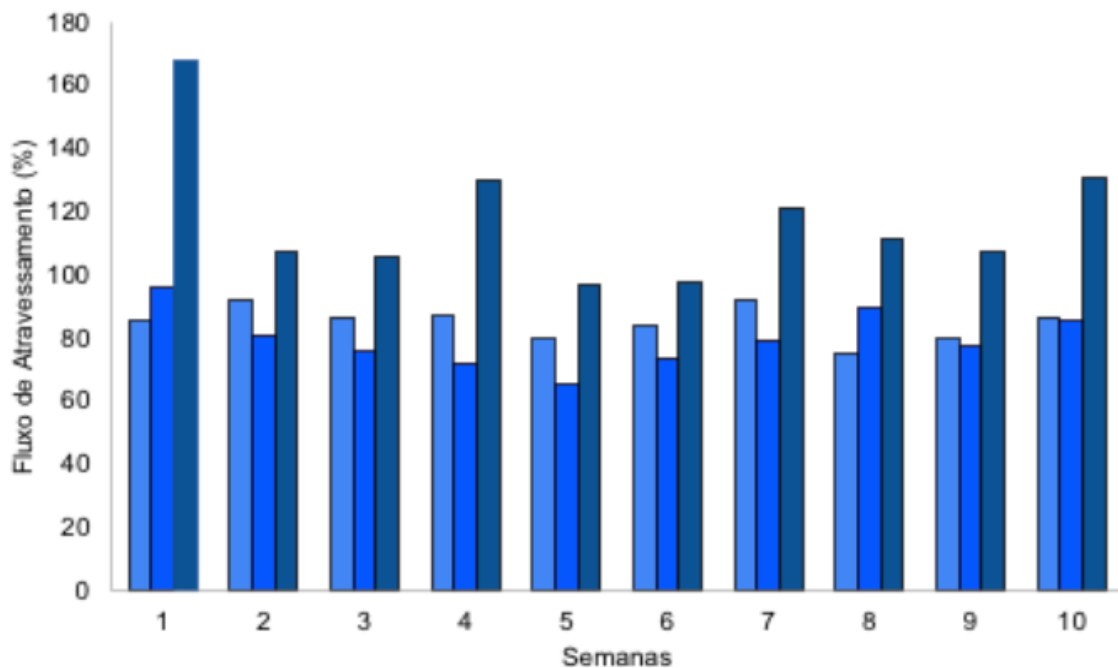


Figura 20: Taxas semanais do fluxo de atravessamento (as colunas correspondem aos perfis 1, 2, 3 respectivamente)

Na meia encosta (perfil 2), foi onde ocorreram os menores valores coletados de fluxo de atravessamento (média geral de 79,65%) e, conseqüentemente, de interceptação florestal (figura 22). Porém, os valores foram similares aos valores do perfil 1 com uma média geral de 85,26% para o fluxo de atravessamento.

Durante o período amostrado, a primeira semana de monitoramento (31/10 a 06/11/21) apresentou os maiores valores para as taxas de fluxo de atravessamento com uma média geral de 116,80% em relação à precipitação total e uma média geral de 32,2 % para a interceptação, seguida pela décima semana (26/02 a 05/03/22) com 101,13% para o fluxo de atravessamento e 10,83% para interceptação (figura 21). Ambos os períodos mencionados coincidem com o início e final, aproximados, da temporada de chuvas. Ainda na primeira semana o pluviômetro nove (perfil 3) registrou o maior valor para o fluxo de atravessamento com 232,56% em relação à precipitação total.

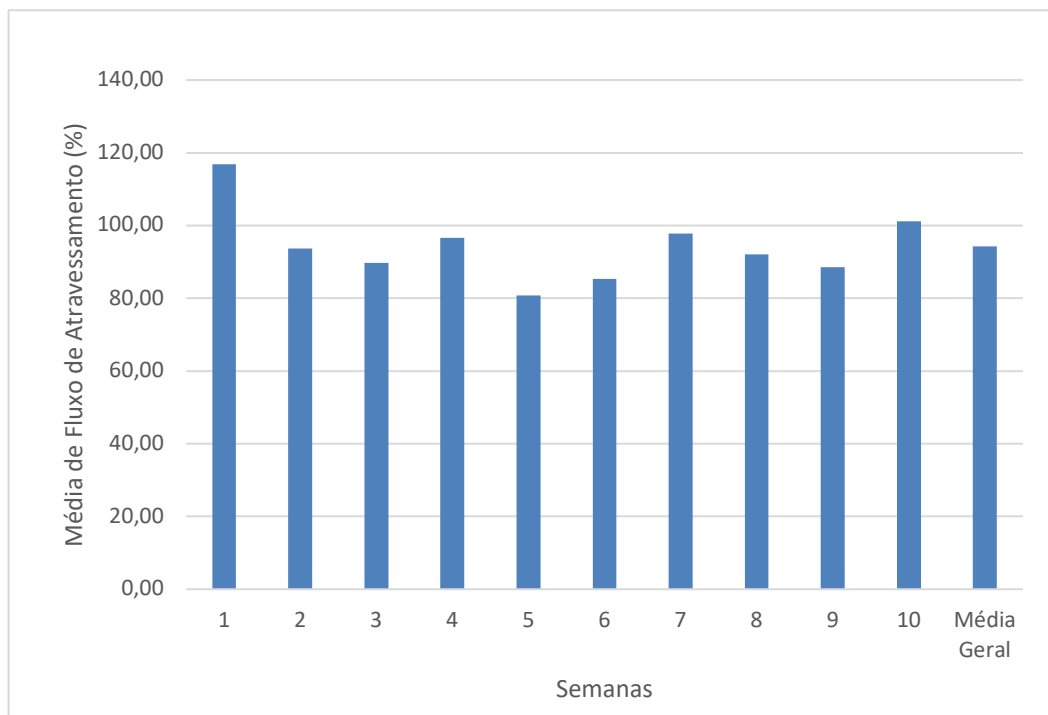


Figura 21 – Valores médios semanais do fluxo de atravessamento

Semanas	Média de fluxo de atravessamento (%)
1	116,80
2	93,64
3	89,70
4	96,67
5	80,83
6	85,31
7	97,74
8	92,11
9	88,51
10	101,13
Média Geral	94,24

Figura 22 – Média semanais para o fluxo de atravessamento

Intercepção (%)			
Semanas	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3
1	13,95	3,88	0,00
2	7,63	19,34	0,00
3	13,01	23,98	0,00
4	12,22	27,78	0,00
5	19,61	34,64	3,27
6	15,71	26,44	1,92
7	7,92	20,50	0,00
8	24,72	10,21	0,00
9	19,54	22,41	0,00
10	13,08	14,35	0,00

Figura 23: Valores semanais dos índices de intercepção dispostos em três perfis

Em relação aos valores semanais de intercepção por semana, é possível observar, conforme a figura 23, a alta variabilidade das taxas entre os perfis individualmente.

Destaca-se que o perfil 3, próximo ao fundo de vale, apontou valores de interceptação iguais à zero, exceto pelas semanas cinco e seis com 3,27% e 1,92%, respectivamente. O perfil 2 apresentou os maiores valores para o período estudado, com uma média geral de 20,35% para a interceptação em relação à precipitação total, sendo que a quinta semana indicou a maior taxa, 34,64%, durante o período amostrado. Já o perfil 1 apontou uma média geral de 14,73% para interceptação.

Na escala temporal, foi observado uma variação expressiva entre as semanas para os valores médios de interceptação (figura 23). Os eventos extremos de médias baixa e alta para o processo hidrológico corresponde à primeira e quinta semanas, respectivamente. A quinta semana (27/11 a 04/12/21) apresentou dados médios de interceptação iguais 19,17% em relação à precipitação total e primeira semana (31/10 a 06/11/21), por sua vez, apontou apenas 5,94% para os valores médios de interceptação. No entanto, a partir desse período, há um aumento crescente dos índices que culmina na quinta semana para então reduzir novamente nas duas semanas seguintes.

Destca-se a necessidade de um aprofundamento dessas análises para o estudo das especificades de cada perfil.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa apresenta dados preliminares do entendimento dos processos de fluxo de atravessamento e interceptação florestal em área coberta por Floresta Estacional Semidecidual. Os resultados iniciais sugerem uma variabilidade desse processo ao longo do perfil da encosta, com elevados valores de fluxo de atravessamento no perfil próximo ao fundo de vale para dados coletados semanalmente. Infere-se a possibilidade de ter relações com o consumo e disponibilidade hídrica pela vegetação. Porém, estudos mais aprofundados e com uma coleção de dados maior são necessários para um melhor entendimento do processo.

A análise desses processos a partir de eventos individuais de chuvas, também se torna necessária para o aprofundamento dos estudos, visto que a coleta semanal trabalha em uma perspectiva mais geral, podendo levar a generalização dos resultados, sem aferir as particularidades do evento de chuva, tal como a quantidade, intensidade, umidade antecedente, ocorrência de ventos, dentre outros aspectos.

Salienta-se a necessidade de novos estudos que possam contribuir para uma melhor compreensão holística e integrada dos fenômenos hidrológicos discutidos, tais como o nível de interferência antrópica, por se tratar de uma borda de contato entre área urbana e fragmento florestal; a influência de queimadas recorrentes no entorno, sobretudo em períodos de estiagem e o estudo mais aprofundado das características da estrutura vegetativa presente; além das análises da serrapilheira e da qualidade química da água.

Por fim, a presente pesquisa pode contribuir como subsídio às possíveis ações de conservação e de natureza hidrológica do fragmento de floresta e entorno, na qual necessitem de dados e informações referentes ao processo analisado como parte do planejamento e gestão ambientais de recursos hídricos. Sendo possível, replicar o entendimento para áreas de condições similares

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. P. (2016) Caracterização morfométrica das bacias do Córrego do Carteiro, Córrego Dona Nininha e da APA Serra de São José, São João del-Rei, MG. Trabalho de conclusão de curso de bacharelado em Geografia. Universidade Federal de São João del-Rei. 32p.
- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. de; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha - São Paulo. *Revista Árvore*. 2003, v. 27, n. 2
- Bacia Hidrográfica do Rio Grande - BHRG. ARPA Rio Grande, Lavras, 2019. Disponível em: <<https://arpariogrande.org.br/bhrg/>>. Acesso em: 19 de junho de 2022.
- BRUTSAERT, W. *Hydrology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- Carvalho, L.M.T. Mapping and Monitoring Forest Remnants. A multiscale analysis of spatio-temporal data. 2001. 138p. Tese (Doutorado em Geociências) - Wageningen University, Wageningen, 2001.
- CARVALHO, M. M.; EVANGELISTA, A. R., CURI, N. (1994) Desenvolvimento fisiográfico de pastagens na zona fisiográfica Campos das Vertentes, MG. EMBRAPA/Escola superior de agricultura de Lavras, 127p.
- Carvalho, S. N., Costa, M. T. R., Alves, L. L., & Castro, G. C. de. (2022). *Orobanchaceae Vent. from Serra de São José and Serra do Lenheiro, Minas Gerais State, Brazil*
- COELHO NETTO A. L. (1985) Surface hydrology and soil erosion in a tropical mountainous rainforest drainage basin, RJ, Phd thesis, Katholieke Univ. Leuven, Belgium, 181p.
- COELHO NETTO, A. L., (1994) Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia, in: Geomorfologia; uma atualização de bases e conceitos, (Guerra, A. J. T. Cunha, S. B., orgs.) Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, pp. 93-148.
- CROCKFORD, R. H.; RICHARDSON, D. P. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate. *Hydrological Processes*, v. 14, n. 16–17, p. 2903–2920, nov. 2000.
- DAVID, J. S.; VALENTE, F.; GASH, J. H. Evaporation of Intercepted Rainfall. In: *Encyclopedia of Hydrological Sciences*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2005.
- DEON, E. H. A. Interceptação da chuva em floresta estacional decidual em Santa Maria -RS. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFSM .2015.
- ELLENBERG, H.; MUELLER-DOMBOIS, D. A key to raunkiaer plant life-forms with revised subdivisions. *Berichte des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule Stiftung Rübel, Zurich: ETH*, v. 37, p. 56-73, 1967.
- FERREIRA, S. J. F.; LUIZÃO, F. J.; DALLAROSA, R. L. G. Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 35, n. 1, p. 55-62, 2005.
- Fundação Biodiversitas ; Biodiversidade em Minas Gerais . Belo Horizonte, Fundação Vale do Rio Doce, 2004. (Mapa Topográfico. Escala 1: 250.000).

- GIGLIO, J. N.; KOBAYAMA, M. Interceptação da Chuva: Uma Revisão com Ênfase no Monitoramento em Florestas Brasileiras. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 18, n. 2, p. 297–317, 2013.
- GILBERT, G. K. (1887) Report on the geology of the Henry mountains, Us Geographical and Geological Survey of the Rocky Mountain Region. Washington DC, Government
- GONZAGA, A. P. D. FILHO, A. T. O.; MACHADO, E. L. M.; HARGREAVES, P; MACHADO, E. L. M. (2008) Diagnóstico florístico-estrutural do componente arbóreo da floresta da Serra de São José, Tiradentes, MG, Brasil, *Acta bot. Bras.* 22(2), pp. 505-520.
- GUIRAO, A. C.; FILHO, J. T. Interceptação das chuvas em uma floresta urbana: a arie de Santa Genebra, Campinas (SP). XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2013.
- HERBST, M. et al. Seasonal variability of interception evaporation from the canopy of a mixed deciduous forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 148, n. 11, p. 1655– 1667, 2008.
- HEWLETT, J. D. (1969) Principles of forest hydrology, University of Georgia Press, Athens, Georgia, 183p.
- HOLWERDA, F.; SCATENA, F. N.; BRUIJNZEEL, L. A. (2006) Throughfall in a Puerto Rican lower montage rain forest: a comparison of sampling strategies, in: *Journal of Hydrology*, 327, 3-4, pp. 592-602.
- Honório, Luiz & Neto, Joao & Negreiros, André. (2020). ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO EM SÃO JOÃO DEL-REI E TIRADENTES, MINAS GERAIS - BRASIL.
- HORTON, R. E. Rainfall interception. *Monthly Weather Review*, v. 47, n. 9, p. 603– 623, 1919.
- IBGE. Manual técnico da vegetação do Brasil. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. IBGE. Mapa de Biomas do Brasil. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019.
- IIDA, S. et al. Intrastorm scale rainfall interception dynamics in a mature coniferous forest stand. *Journal of Hydrology*, v. 548, p. 770–783, 2017. 7, n. 2, pp. 71-88.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Diagnóstico da situação dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Grande – Anexo 2 e 3. São Paulo, 2008.
- KEIM, R. F.; SKAUGSET, A. E.; WEILER, M. Temporal persistence of spatial patterns in throughfall. *Journal of Hydrology*, v. 314, n. 1–4, p. 263–274, nov. 2005.
- Klaassen, W., Bosveld, F., & de Water, E. (1998). Water storage and evaporation as constituents of rainfall interception. *Journal of Hydrology*, 212(1-4), 36-50.
- LEVIA JR, D. F.; FROST, E. E. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems. *Journal of Hydrology*, v. 274, p. 1–29, 2003.
- LEVIA, D. F. et al. Differential stemflow yield from European beech saplings: the role of individual canopy structure metrics. *Hydrological Processes*, v. 29, n. 1, p. 43–51, 1 jan. 2015.
- LIMA, P. R. A.; LEOPOLDO, P. R. Interceptação de chuva por mata ciliar na região central do Estado de São Paulo. *Energia na Agricultura*, v. 14, n.3, p.25-33, 1999.

- LORENZON, A. Processos hidrológicos em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa, MG, 2011.
- MARENGO, J. A., NOBRE, C. A., SELUCHI, M. E., CUARTAS, A., ALVES, L. M., MENDIONDO, E. M., OBREGÓN, G., SAMPAIO, G. (2015). A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *Revista da USP*.106. 31-44.
- MIRANDA, J. C. (1992) O Efeito da cobertura vegetal na entrada e redistribuição da chuva em uma encosta florestada, Dissertação de Mestrado, Programa de Pósgraduação em Geografia, UFRJ, 100p.
- MOURA, A. E. S. S.; CORREA, M. M.; SILVA, E. R.; FERREIRA, R. L. C.; FIGUEIREDO, A. C.; POSSAS, J. M. C. Interceptação das chuvas em um fragmento de floresta da Mata Atlântica na Bacia do Prata, Recife, PE. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 461-469, 2009.
- NALON, M. A.; VELLARDI, A. C. V. Estudo do balanço hídrico nas escarpas da serra do mar, região de Cubatão, SP. *Revista do Instituto Florestal*, Piracicaba, v.5, n.1, p.39-58, 1993.
- NÁVAR, J. Stemflow variation in Mexico's northeastern forest communities: Its contribution to soil moisture content and aquifer recharge. *Journal of Hydrology*, v. 408, n. 1-2, p. 35-42, 2011.
- NEGREIROS, A. B. (2004) Variabilidade do atravessamento de chuvas em ambiente de floresta clímax e suas relações com a estrutura da vegetação: O caso da Mata do Pai Ricardo- Floresta da Tijuca- RJ, monografia de graduação-IGEO-UFRJ, 45p
- Negreiros, A. B.. (2006). Respostas geohidroecológicas em clareira de deslizamento numa encosta florestada: Alto Rio dos Macacos, Maciço da Tijuca(RJ). Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ. 2006.
- Negreiros, A. B.. (2006). Respostas geohidroecológicas em clareira de deslizamento numa encosta florestada: Alto Rio dos Macacos, Maciço da Tijuca(RJ). Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ. 2006.
- NICOLIELO, N. LIMA, W. P. Precipitação efetiva e interceptação em florestas de pinheiros tropicais e em reserva de cerrado. *IPEF*, Piracicaba, n. 24, p. 43-46, 1983.
- OLIVEIRA, L. L. DE et al. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. *Acta Amazonica*, v. 38, n. 4, p. 723-732, dez. 2008.
- Oliveira-Filho, Ary Teixeira de e Machado, José Nivaldo de Menezes. Composição florística de uma floresta semidecídua montana na Serra de São José, Tiradentes, Minas Gerais. *Acta Botanica Brasilica* [online]. 1993, v. Coura, S. M. C. Mapeamento de vegetação do estado de Minas Gerais utilizando dados MODIS / Samuel Martins da Costa Coura. – São José dos Campos: INPE, 2007.
- RADAMBRASIL (1983) Levantamento dos recursos naturais: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Folhas SF. 23/24, Rio de Janeiro/Vitória, Rio de Janeiro, Ministério das Minas e Energia, 780p.
- RADAMBRASIL Departamento Nacional de Produção Mineral Folha SD. 23 - Brasília. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1982. 660 p. (Levantamento dos Recursos Naturais, v.29).
- RESENDE, T. F.; FIGUEIREDO, M. A.; NEGREIROS, A. B.; ROCHA, L. C. Erosão dos solos na Serra São José, região de São João Del-Rei, Minas Gerais, Brasil, e sua relação com incêndios florestais sazonais.

Anais do XV Encontro de Geógrafos da América Latina. Havana, Cuba. 2015.

SÁ, J. H. M. A influência da vegetação no processo de interceptação da chuva em floresta de Mata Atlântica. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFSC. 2019.

SAMBA, A. N. S.; CAMIRÉ, C.; MARGOLIS, H. A. Allometry and rainfall interception of *Coryla pinnata* in a semi-arid agroforestry parkland, Senegal. *Forest Ecology and Management*, v. 154, p. 277-288, 2001.

SARI, V.; PAIVA, E. M. C. D. de; PAIVA, J. B. D. de. Interceptação da chuva em diferentes formações florestais na região sul do Brasil. *RBRH*. 2016, v. 21, n. 1, pp. 65-79

SILVA, A. C. (1994) Mapeamento pedológico e zoneamento ambiental da Área de Preservação Ambiental Serra São José. FEMA, Belo Horizonte, MG, 43 p.

SILVA, A. C.; VIDAL-TORRADO, P.; MARTINEZ CORTIZAS, A.; GARCIA RODEJA, E. (2004) Solos do topo da Serra São José (Minas Gerais) e suas relações com o paleoclima no sudeste do Brasil. *Rev. Bras. de Ciência do Solo*, 28, p. 455-466

SILVA, E. CINTRA, A. T. F.; SILVEIRA, C. L. P. OLIVEIRA, R. R. (2003) Interceptação e propriedades físico-químicas da precipitação na mata Atlântica do maciço da Pedra Branca, RJ, *Anais do X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, Rio de Janeiro.

SILVA, J. N. M.; LOPES, J. do C. A. Distribuição espacial de árvores na Floresta Nacional do Tapajós. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. *Anais...* São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS, 1982. p. 119-121. Edição especial da revista *Silvicultura*, v. 8, n. 28, da Sociedade Brasileira de Silvicultura.

TEIXEIRA, P. H. S.; ANÁLISE AMBIENTAL DAS ÁREAS PROTEGIDAS NA SERRA DE SÃO JOSÉ (MG) COM ÊNFASE NA PROTEÇÃO DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geografia, UFSJ. 2019

TSIKO, C. T. et al. Measuring forest floor and canopy interception in a savannah ecosystem. *Physics and Chemistry of the Earth*, v. 47-48, p. 122-127, 2012.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 2 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFGRS, ABRH. 2001. 943 p.

VALLEJO, L. R.; VALLEJO, M. S. (1981) Aspectos da dinâmica hidrológica em áreas florestadas e suas relações com os processos erosivos”, in *Anais do IV Simpósio Quaternário do Brasil*, 1981.

VALLEJO, L. R.; VALLEJO, M. S. (1981) Aspectos da dinâmica hidrológica em áreas florestadas e suas relações com os processos erosivos”, in *Anais do IV Simpósio Quaternário do Brasil*, 1981.

VELOSO, H. P.; GÓES-FILHO, L. Fitogeografia brasileira: classificação fisionômicoecológica da vegetação neotropical. Salvador: Projeto Radambrasil, 1982. 86 p. (Boletim técnico. Vegetação, n. 1).

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p.

Vervloet, Roberto. (2016). CONSIDERAÇÕES SOBRE A VARIABILIDADE NATURAL DAS PRECIPITAÇÕES NO ESPÍRITO SANTO E A “ESTIAGEM” NO BIÊNIO 2014/2015. *Revista Brasileira de Climatologia*. 19. 10.5380/abclima.v19i0.44930.

XIAO, Q. et al. A new approach to modeling tree rainfall interception. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 105, n. D23, p. 29173–29188, 16 dez. 2000.

XIAO, Q.; MCPHERSON, G. G. Rainfall interception of three trees in Oakland, California. *Urban Ecosystems*, v. 14, n. 4, p. 755–769, 2011.