



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**MONIQUE MUNIZ MONTEIRO DIAS**

**ANÁLISE HIDROLÓGICA DE DUAS MICROBACIAS MONITORADAS EM  
LÍDICE, RIO CLARO - RJ**

Profa. Dra. CLAUDIA MOSTER  
Orientadora

SEROPÉDICA, RJ  
AGOSTO – 2021



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**MONIQUE MUNIZ MONTEIRO DIAS**

**ANÁLISE HIDROLÓGICA DE DUAS MICROBACIAS MONITORADAS EM  
LÍDICE, RIO CLARO - RJ**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Profa. Dra. CLAUDIA MOSTER  
Orientadora

SEROPÉDICA, RJ  
AGOSTO – 2021

**ANÁLISE HIDROLÓGICA DE DUAS MICROBACIAS MONITORADAS EM  
LÍDICE, RIO CLARO - RJ**

**MONIQUE MUNIZ MONTEIRO DIAS**

APROVADA EM: 16/08/2021

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dra.  CLAUDIA MOSTER – UFRRJ  
Orientadora

---

Prof. Dr. JAYME MAGALHÃES SANTÁGELO – UFRRJ  
Membro

---

Prof. Dr.  JERÔNIMO BOELSUMS BARRETO SANSEVERO – UFRRJ  
Membro

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e todos os orixás que sempre me acompanharam e me fortaleceram para seguir com fé essa trajetória.

À minha mãe, por desde sempre ser uma inspiração, que me impulsionou e acreditou em mim, me permitindo sonhar e concretizar esse ciclo. Por todas as vezes que parecia impossível e ela fez acontecer.

Ao meu pai, por ter me mostrado que eu podia fazer o que eu mais gostava de fazer. E, muito, por ser um ponto de segurança e conforto quando as coisas apertavam.

À rural, essa faculdade incrível, que superou todas as minhas expectativas e fez parte da construção de uma nova Monique. A todos os momentos que ela abrigou, celebrou e tornou memoráveis.

À Claudia, minha orientadora, por tornar tudo ainda mais apaixonante, por me mostrar um outro lado da Engenharia Florestal. Obrigada pela calma, confiança, pelas suas ideias incríveis e pela amizade que construímos.

À equipe do Laboratório de Manejo de Bacias Hidrográficas, sempre somando com parceria, novas ideias e trabalhos. Um grupo unido e com muita garra.

À Carol e ao Daniel, que sempre estiveram dispostos a me ajudar e me ensinaram muito. Pela amizade dentro e fora do laboratório.

À TNC, que nos auxiliou e permitiu que essa pesquisa acontecesse. Em especial ao Lindolpho, que acompanhou toda a parte de campo do nosso trabalho e sempre esteve disponível para nos ajudar.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Jerônimo Boelsums e Prof. Dr. Jayme Magalhães Santagelo, por terem aceitado ao convite para contribuir com esse trabalho e, também, pelos ensinamentos passados nas aulas e ao longo dessa trajetória.

A todos os professores que me inspiraram e me ensinaram tanto, que fizeram eu ter ainda mais certeza do que eu havia escolhido para mim.

Ao Cardume de Volume, minha casa, meus amigos, essa família que a rural me presenteou, que esteve no meu dia a dia, me fortalecendo e vibrando comigo. Pelos momentos construídos e pelas partilhas, inesquecíveis.

Ao Leandro, meu companheiro, uma fonte de coragem e de aprendizagem. Por estar do meu lado, caminhando sempre em frente.

À Maryanna, uma grande amiga, que no início de tudo foi a faísca que me fez estar aqui hoje.

Por fim, a todos os amigos que estiveram comigo nessa caminhada, que dividiram conhecimento, trabalho, mão de obra, conversas, alegria, cerveja, dança, música. Tudo aquilo que os amigos fazem e fazem muito bem-feito.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar indicadores hidrológicos em duas microbacias hidrográficas localizadas em Lídice, Rio Claro – RJ. A microbacia do Rio Papudos, em que foram implantadas áreas para restauração florestal e a microbacia do Córrego da Cachoeira, considerada a área de referência, por possuir a maior parte da cobertura com floresta, em área da RPPN Sambaíba. Foi realizada a análise física e a caracterização do uso e cobertura do solo das microbacias, a partir do software ArcGis 10.6. Além das análises das concentrações mensais de Sólidos Suspensos Totais (SST), pelo método de filtragem, nos períodos de janeiro, setembro e outubro de 2020, e de março a maio de 2021, e o monitoramento do comportamento da resposta hidrológica de SST durante dois eventos de chuva. Os resultados demonstraram a influência do uso do solo e da umidade do solo, ocasionada por precipitações anteriores, na geração de escoamento superficial e na produção de sedimentos. Foi possível concluir que a suscetibilidade ao escoamento superficial na microbacia do Córrego da Cachoeira foi 72% inferior ao obtido para a microbacia do Rio Papudos. Ao considerar a microbacia de referência, a cobertura florestal apresentou o potencial de redução em 94% para produção de sedimentos.

**Palavras-chave:** restauração florestal, análise física, uso do solo, sólidos suspensos totais, resposta hidrológica.

## ABSTRACT

The present work aimed to analyze hydrological indicators in two watersheds located in Lídice, Rio Claro – RJ. The Papudos River watershed, where areas were deployed for forest restoration, and the watershed of the Cachoeira Stream, considered the reference area, for having most of the forest cover, in an area of the RPPN Sambaíba. Physical analysis and characterization of the use and cover of the soil of the watersheds were performed from the ArcGis 10.6 software. In addition to the analyses of the monthly concentrations of Total Suspended Solids (SST), by the filtration method, in the periods of January, September and October 2020 and March and May 2021 and monitoring the behavior of the hydrological TSS response during two rain events. The results showed the influence of land use and soil moisture, caused by previous rainfall, on surface runoff generation and sediment production. of moisture and soil use on surface runoff generation and sediment production. Thus, it was possible to conclude that the susceptibility to runoff in the Córrego da Cachoeira watershed was 72% lower than that obtained in the Rio Papudos watershed. When considering the reference watershed, the forest cover showed the potential to reduce by 94% for sediment production.

**Keywords:** forest restoration, physical analysis, use of the soil, total suspended solids, hidrological response.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	2
2.1 Balanço hídrico .....	2
2.2 Escoamento superficial e a produção de sedimentos .....	4
2.3 Relação entre a vazão e o uso e ocupação do solo .....	5
2.4 Floresta e Água .....	7
2.5 Projeto Produtores de Água e Floresta em Lídice, Rio Claro - RJ .....	8
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	9
3.1 Caracterização da área de estudo .....	9
3.2 Análise física das bacias hidrográficas .....	12
3.3 Caracterização de uso e ocupação do solo .....	15
3.4 Coleta de dados .....	15
3.4.1 Análise de sólidos suspensos totais (SST) .....	15
3.4.2 Resposta hidrológica de sólidos suspensos totais (SST) .....	15
3.4.3 Coleta das amostras .....	16
3.5 Quantificação dos sólidos suspensos totais (SST) .....	17
3.6 Análise dos resultados .....	18
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	19
4.1 Análise física das microbacias e caracterização de uso e ocupação do solo .....	19
4.2 Análise mensal da concentração de sólidos suspensos totais .....	24
4.3 Resposta hidrológica de sólidos suspensos totais .....	26
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	29
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	30

## 1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos vêm sofrendo uma forte pressão pela crescente demanda populacional, contribuindo para uma ampla crise hídrica, que é acentuada pela ausência de percepção da relação entre a sociedade e os ecossistemas. Com isso, a alarmante preocupação com a disponibilidade e qualidade de água para suprir as gerações futuras (VENANCIO et al., 2015). Os rios vêm sendo, cada vez mais, depósitos de diversos sedimentos e de resíduos, que acabam por assorear os seus leitos, poluir suas águas e modificar a paisagem, comprometendo a função que exerciam antes naqueles ecossistemas, afetando a qualidade e gerando déficit no abastecimento à sociedade (MACHADO; VETTORAZZI, 2003; ALVES, 2010).

Nesse contexto, a erosão em áreas rurais é um dos processos principais de degradação do solo, responsável pelo transporte de sedimentos e que varia de acordo com uso e manejo do solo (WEILL, 1999). A erosão pode ocasionar diversos danos, como, a formação de sulcos, a perda gradual da fertilidade do solo, podendo até tornar regiões mais propensas à desertificação (CARVALHO, 2008). Em relação aos recursos hídricos, o transporte de sedimentos, ocasionado pela erosão, pode comprometer a qualidade da água, além de ocasionar o assoreamento da calha dos rios, reduzindo a profundidade do canal e provocando enchentes mais frequentes (FARIAS, 2008).

Dessa forma, é necessário esclarecer o papel fundamental da vegetação na proteção dos solos e na redução dos processos erosivos, para a conservação dos mananciais hídricos. A mata ciliar exerce forte influência sobre a intensidade do escoamento superficial e do transporte de sedimentos, e, também, na composição química da água de drenagem, sendo importante para a manutenção da qualidade da água (TUNDISI; TUNDISI, 2010; TAMBOSI et al., 2015). A presença de vegetação oferece maior cobertura do solo, lhe conferindo características mais estáveis, aumentando a capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo, assim como o maior tempo de caminhamento da água ao leito do manancial, reduzindo o escoamento superficial (CASTRO; MENDONÇA, 2004; VANZELA; HERNANDEZ; FRANCO, 2010). A remoção da cobertura florestal reduz significativamente a infiltração de água no solo, aumentando o escoamento superficial e o deflúvio (TRANCOSO, 2006).

Levando em consideração o ciclo hidrológico, a dinâmica da água e o uso do solo, a cobertura florestal exerce forte influência no que diz respeito a conservação do solo. As árvores apresentam a função de interceptação da água da chuva, suas copas funcionam como um sistema de amortecimento das gotas de chuva, influenciando na redistribuição da água, afetando o escoamento superficial e favorecendo a infiltração de água no solo (SHINZATO et al., 2009). Com isso, o abastecimento das águas é favorecido, ocorrendo a redução das amplitudes de vazão ao longo do ano e o retardamento dos picos de cheia (BALBINOT et al., 2008; BARROS, 2011).

Por outro lado, segundo Bartels (2015) áreas sem cobertura vegetal, apresentando solo exposto, o processo de erosão é intensificado, uma vez que estão susceptíveis ao impacto da gota da chuva, aos ventos, entre outros fatores abióticos. A retirada da cobertura vegetal e o manejo inadequado do solo reduzem a taxa de infiltração de água e o seu estoque subterrâneo, trazendo como consequência, o assoreamento dos rios, erosão dos solos (VETTORAZZI, 2006) e alteração nos padrões de volume e vazão dos cursos d'água. Isso acarreta a degradação de áreas imensas, afetando a hidrologia e a biodiversidade (BUENO; GALBIATTI; BORGES, 2005).

A resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica é afetada em função dos diferentes tipos de uso do solo, sendo esse um dos indicadores na avaliação de impactos ambientais, auxiliando na gestão dos recursos e norteando ações de manejo (MENEZES et al., 2014). A velocidade e a forma da resposta à precipitação em florestas e pastagens são diferentes, as pastagens apresentam picos de vazão mais acentuados. Já em áreas com florestas, a resposta ocorre de forma mais lenta, ou seja, a substituição de florestas resulta em um aumento na



produção de água pela bacia e no volume de fluxo rápido, mas, conseqüentemente, gera um aumento nos picos de vazão em eventos extremos (CARAM, 2011).

A conversão do uso do solo e as mudanças nas práticas de gestão da terra podem modificar drasticamente a quantidade de sedimentos que escorre de uma bacia hidrográfica. Segundo Vetorrazzi (2006), as modificações realizadas em áreas florestais, influenciam na produção, transporte e deposição de sedimentos nos cursos hídricos, comprometendo a qualidade da água, acarretando prejuízos ao abastecimento público. Desse modo, torna-se necessário investimentos para tratamento da água. Tundisi e Tundisi (2010) ressaltam os impactos sobre os serviços ecossistêmicos oferecidos pela bacia, como turismo, pesca e lazer, além de aumentar o potencial de eutrofização dos rios.

Nesse contexto, o estudo da hidrossedimentologia se demonstra de suma importância para conservação e utilização dos solos e dos recursos hídricos, além de fornecer informações que fundamentam a tomada de decisões e incentivam o manejo de uso racional (VESTENA, 2009). Segundo Minella, Merten e Magnago (2011), a produção de sedimento tem sido utilizada como indicador dos impactos antrópicos sobre os recursos hídricos, através do monitoramento da vazão e da concentração de sólidos em suspensão. A medição da descarga sólida de sedimentos em suspensão em rios é uma informação muito importante, a fim de estimar os fluxos de sedimentos para conhecer a vida útil dos reservatórios e as alterações de uso e ocupação do solo na bacia. Os sedimentos são considerados os principais agentes poluidores, e, em análises de qualidade de água, são um importante componente no equilíbrio de ecossistemas aquáticos (MANSUR; GUIMARÃES; KLEMZ, 2013).

Nesse sentido, o estudo teve como objetivo analisar indicadores hidrológicos em duas microbacias hidrográficas monitoradas no distrito de Lídice, Rio Claro – RJ. A microbacia do Córrego da Cachoeira, na bacia do Rio Coutinhos, considerada a área de referência, que apresenta vegetação conservada e em estágio avançado de sucessão. A microbacia do Rio Papudos, na bacia do Rio das Pedras, que faz parte da área piloto do programa Produtor de Água e Floresta, com restauração florestal assistida implantada desde 2010.

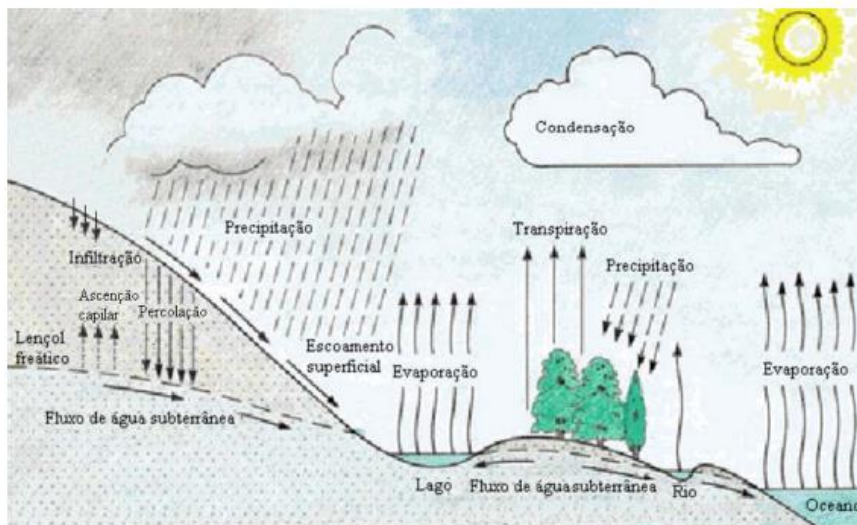
Como objetivos específicos, o trabalho teve como proposta:

- Realizar a análise física e caracterização do uso e cobertura do solo das microbacias hidrográficas: Córrego da Cachoeira (bacia do Rio Coutinhos) e Rio Papudos (bacia do Rio das Pedras);
- Analisar as concentrações mensais de Sólidos Suspensos Totais (SST);
- Analisar o comportamento da resposta hidrológica de SST durante evento de chuva.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Balanço hídrico**

O balanço hídrico é a quantificação da entrada e saída de água do ciclo hidrológico. Pensando no balanço hídrico de uma determinada bacia hidrográfica, contemplamos fenômenos como precipitação, evapotranspiração, escoamento superficial e sub-superficial, deflúvio, interceptação, pelas copas das árvores e pelo piso, e infiltração de água no solo, entre outros (Figura 1) (LIMA, 2008). Por meio do balanço hídrico, portanto, é possível analisar a variação do volume de água armazenada, sendo de extrema importância para a gestão dos recursos hídricos e para a modelagem de processos hidrológicos como chuva-vazão (FILL et al., 2005).



**Figura 1:** Representação dos processos hidrológicos envolvidos no balanço hídrico de uma bacia hidrográfica. Fonte: Silva (2002)

No esquema da Figura 2, a chuva representa o único meio de entrada de água no sistema, os demais processos são responsáveis pela saída de água da bacia, resultando no balanço hídrico. A precipitação direta nos canais é a primeira fração da chuva a deixar a bacia e a precipitação fora dos cursos d'água passa por diversos processos, dentre eles, a água da chuva que será interceptada, pelo dossel das florestas, por cultivos agrícolas ou por qualquer outra barreira e depois irá evaporar (SHINZATO et al., 2009). Parte dessa água vai infiltrar no solo e pode ser transpirada pelas plantas, evaporada dos solos e das superfícies líquidas, formando a evapotranspiração total.

A água que infiltra no solo e chega até o lençol freático, posteriormente forma o escoamento base, que é o fluxo de água presente nas zonas de saturação e é o único componente do deflúvio após uma chuva, alimentando os rios em períodos de estiagem (ARCOVA, 1996). Segundo Lima (2010), os reservatórios subterrâneos são responsáveis pela manutenção do escoamento base e o abastecimento dos cursos d'água nos períodos mais secos do ano.

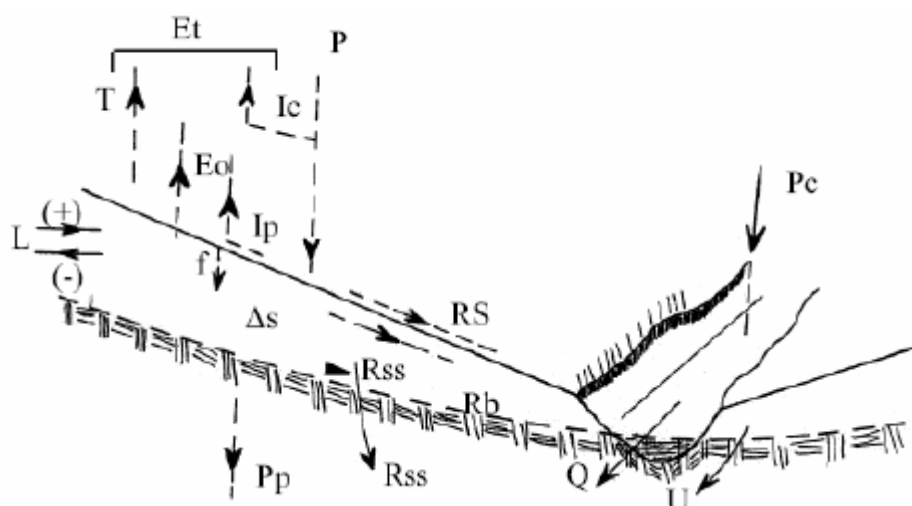
O escoamento superficial corresponde a fração da chuva que não foi interceptada pela vegetação ou retida por outras superfícies e não infiltrou no solo, escoando laminarmente até as porções inferiores do terreno (SILVA, 2002). O escoamento sub-superficial é a água que após infiltrar, percola através dos horizontes superficiais na direção da declividade (LIMA, 2008). Esses processos dão origem ao escoamento direto, considerado a resposta imediata da bacia hidrográfica a uma chuva (ARCOVA, 1996), que é formado pela soma da precipitação diretamente nos canais e o escoamento superficial e sub-superficial.

Por último, o deflúvio, que representa o rendimento hídrico de uma bacia hidrográfica, podendo ser considerado o produto residual do ciclo hidrológico, é formado pelo escoamento base e o escoamento direto (ARCOVA, 1996).

Desse modo, em relação ao período de doze meses referente ao ano hidrológico, o balanço hídrico de uma bacia hidrográfica pode ser simplificado como a equação 1 (GUANDIQUE; MORAIS, 2015):

$$Et = P - Q \quad (1)$$

Onde:  $Et$  = Evapotranspiração anual (mm);  $P$  = precipitação média anual (mm);  $Q$  = deflúvio médio anual (mm)



**Figura 2:** Esquema da seção transversal de um canal principal, de uma bacia hidrográfica. Onde: P= Precipitação; T= Transpiração; Ic= Interceptação pelas copas; Ip= Interceptação pelo piso; Eol= Evaporação do solo e superfícies líquidas; Et= Evapotranspiração; Q= Deflúvio,  $\Delta s$ = Variação do armazenamento de água no solo; L= Vazamento freático; Pp= Percolação profunda; Rs= Escoamento superficial; Rss= Escoamento sub-superficial; Rb= Escoamento básico; f = Infiltração; Pc= Precipitação direta nos canais; U= vazamento. Fonte: Lima (2008).

Como pode ser observado, as condições da bacia hidrográfica interferem no balanço hídrico local, sendo responsáveis também pelo caminho que a água da chuva irá percorrer. Segundo Almeida Neto et al. (2004), uma bacia com cobertura vegetal apresenta maiores taxas de infiltração de água no solo, quando comparados com bacias urbanas em que as superfícies são impermeáveis. Por facilitarem a infiltração, as florestas evitam o escoamento superficial, fazendo com que o escoamento base seja o principal componente do deflúvio (CHILES, 2019). Lima (2008) também destaca que em bacias florestadas, a maior parte do escoamento direto de uma chuva é proveniente do escoamento sub-superficial.

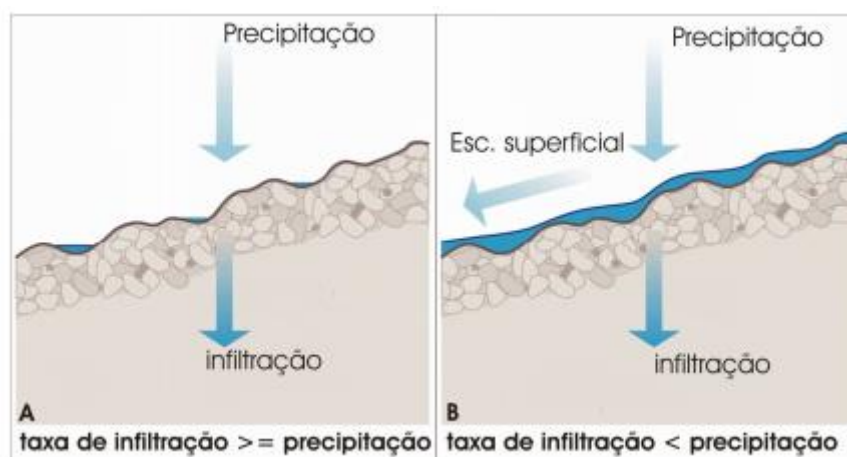
Com isso, a quantidade de água da chuva que fará parte dos recursos hídricos vai variar de acordo com a precipitação, a interceptação, a transpiração pela vegetação e a evaporação dos solos e dos cursos d'água. Sendo assim, o maior volume de recurso hídrico está atrelado às menores perdas para atmosfera, em que, quanto maior a biomassa arbórea, menor é a produção de água (HONDA; DURIGAN, 2017).

## 2.2 Escoamento superficial e a produção de sedimentos

Os processos hidrológicos influenciam na superfície de diferentes formas, em cada circunstância, como na erosão dos solos, no transporte de sedimentos e na qualidade da água (MACHADO, 2002). Como apresentado por Pruski, Rodrigues e Silva (2001) e Menezes (2010), o escoamento superficial está diretamente ligado à ocorrência da erosão hídrica e do carregamento de sedimentos, em razão de parte da água que não infiltrou no solo ocasionar enxurradas que levam sólidos em suspensão e nutrientes para os rios, escoando das partes mais elevadas do terreno para as partes inferiores (WEILL, 1999; SILVA, 2002; SANTOS, 2009).

A erosão, portanto, é o desprendimento e o carregamento de partículas do solo a partir do vento ou da água. Segundo Silva et al. (2008), a erosão hídrica ocorre quando a água precipitada já infiltrou no solo até saturá-lo, então a precipitação passa a ser maior que a capacidade de infiltração, aumentando o escoamento superficial, como demonstrado na Figura 3.

A erosão hídrica é a grande responsável pela degradação do solo no Brasil (DECHEN et al., 2015) e pela constante redução da sua produtividade (MARTINS et al., 2003). Isso ocorre em razão do manejo inadequado dos solos e, por consequência, o arraste de partículas pelo escoamento superficial (SANTOS; GRIEBELER; OLIVEIRA, 2010). O comportamento do escoamento superficial está atrelado a algumas características do terreno que interferem na erosão e na sua intensidade, como a declividade, a presença de vegetação, o caminho percorrido pelo escoamento superficial, o tipo de solo e a sua capacidade de infiltração e a rugosidade superficial (SILVA, 2002; PEREIRA et al., 2003). Com o intuito de reduzir os processos erosivos, destacam-se práticas que visam o controle da velocidade e do volume do escoamento superficial (PRUSKI; RODRIGUES; SILVA, 2001).



**Figura 3:** Produção do escoamento superficial nas superfícies de uma bacia hidrográfica. Fonte: Paz (2004).

O escoamento superficial arrasta as partículas do solo, sejam elas ricas em nutrientes ou em poluentes, ocasionando perda de fertilidade do solo, poluição e assoreamento dos mananciais, além de estreitar os cursos d'água, aumentando a susceptibilidade de enchentes (WEILL, 1999; SANTOS; GRIEBELER; OLIVEIRA, 2010). A erosão reduz a espessura do solo impactando na capacidade de retenção e redistribuição da água, aumentando o escoamento superficial e diminuindo o potencial produtivo da terra (SANTOS; GRIEBELER; OLIVEIRA, 2010).

Nesse sentido, a erosão em ambientes desequilibrados, solos expostos e vulneráveis, pode ocasionar voçorocas, perda de fertilidade, impossibilitando a sua utilização, e, em casos mais extremos, pode provocar o desaparecimento de rios e, até mesmo, acentuar os efeitos das inundações (MACHADO, 2002; PEREIRA et al., 2010). Por outro lado, em superfícies com vegetação, o escoamento superficial é reduzido, diminuindo as perdas de solo e o transporte de poluentes para os cursos d'água (SILVA et al., 2015).

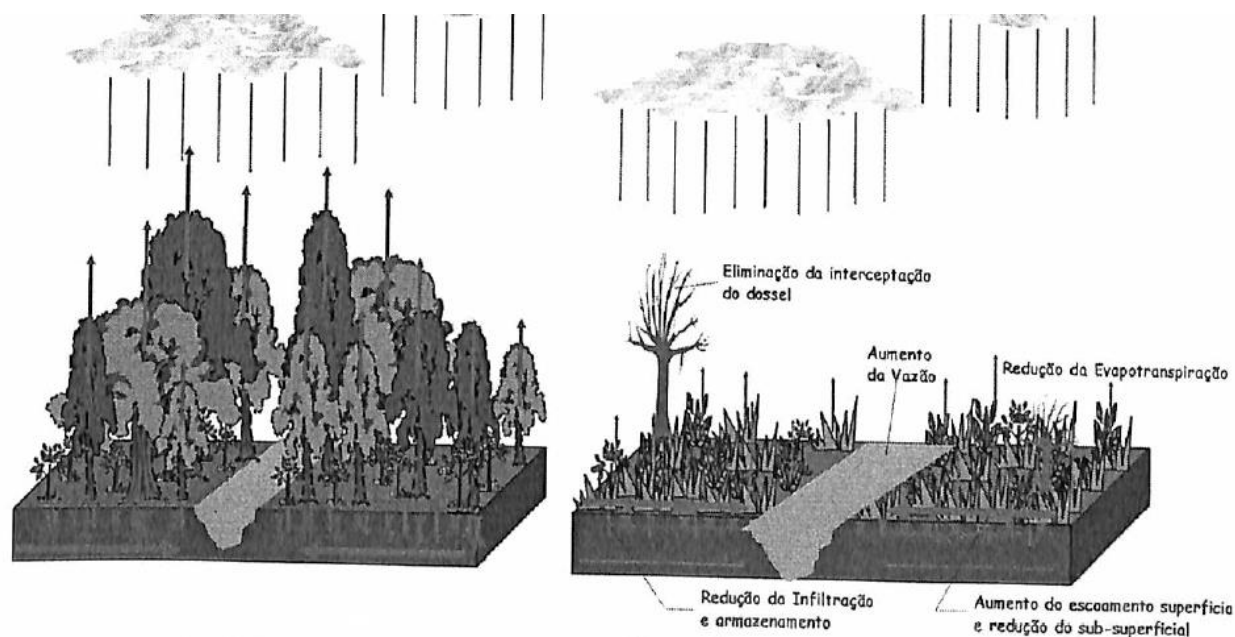
### 2.3 Relação entre a vazão e o uso e ocupação do solo

Como apresentado por Caram (2011), o aumento do escoamento tem relação direta com as mudanças no uso do solo, e com a produção de sedimentos, essas alterações da superfície têm impactos significativos no comportamento de enchentes, nas vazões mínimas e na vazão média, como demonstrado pela Tabela 1.

**Tabela 1.** Classificação sobre a mudança e uso do solo. Fonte: Caram (2010)

Classificação	Tipo	Principais impactos sobre o escoamento
Mudança de superfície	Desmatamento	Aumento da vazão média, aumento ou diminuição da vazão mínima
	Reflorestamento	Redução do escoamento médio, capacidade erosiva
O uso de superfície	Urbanização	Redução da infiltração no solo, aumentando o escoamento superficial, reduzindo o escoamento subterrâneo e a evapotranspiração. Aumento das vazões máximas e na produção de sedimentos, e a deterioração da qualidade da água
	Reflorestamento para exploração sistemática	Redução do escoamento médio, impacto da construção de estradas e a capacidade erosiva gerada pela superfície desprotegida após extração
	Culturas agrícolas de subsistência e permanentes	Intensidade pequena ou intermediária
	Culturas anuais	Intensidade alta, pois prevê a preparação do solo (aragem) antes do período chuvoso. O plantio sem nenhuma medida tende a aumentar a erosão e o escoamento.
Método de alteração	Manual	Menor impacto, porém dispendioso
	Equipamentos	Compactação do solo, reduzindo a infiltração de água no solo

Em estudo realizado por Trancoso (2006) foi possível perceber que a remoção da cobertura florestal provocou modificações nos componentes do balanço hídrico, como demonstrado pela Figura 4.



**Figura 4.** Mudanças no balanço hídrico em razão da remoção da cobertura florestal. Fonte: Trancoso (2006).

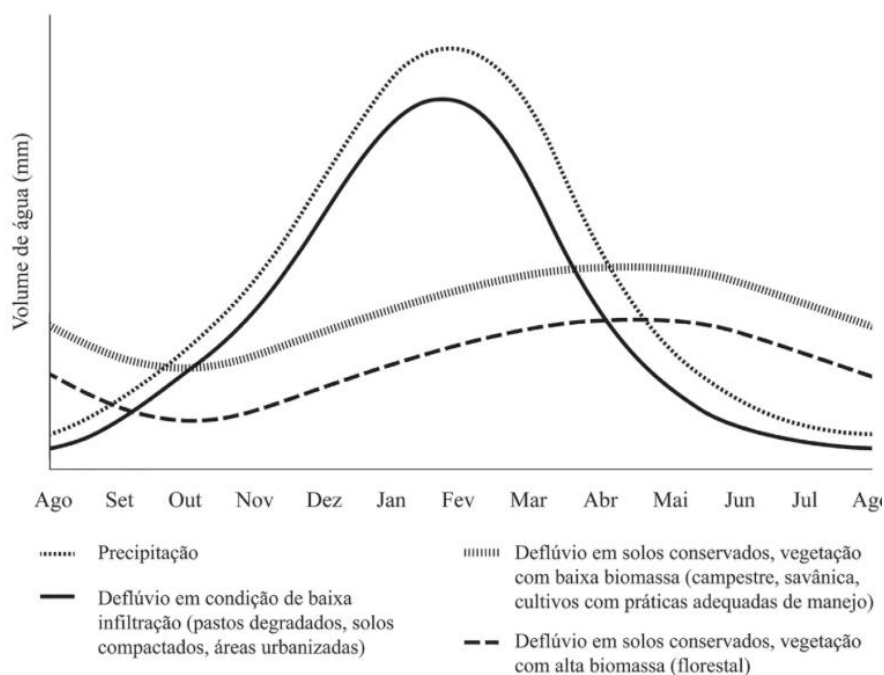
A vazão é composta pelo escoamento direto e escoamento base, sendo capaz de refletir processos ocorridos na área de drenagem, como produção de água por unidade de tempo (TRANCOSO, 2006). Em estudo apresentado por Gomes et al. (2005), notou-se que a retirada da floresta ocasionou um aumento nas vazões máximas, ao mesmo tempo que, sem a cobertura vegetal, o processo de interceptação pelas copas perde eficiência e as taxas de infiltração de água no solo são menores, impactando o abastecimento do lençol freático e, conseqüentemente, reduzindo as vazões mínimas e a disponibilidade do recurso em épocas de seca, além de aumentar os riscos de inundações em eventos de chuva.

Em relação ao aumento dos picos de vazão, Hoepfner (2007) ressalta que solos com baixa capacidade de infiltração são responsáveis pelo aumento da velocidade do escoamento

superficial, reduzindo o tempo de concentração da bacia, o que gera inundações frequentes. Em estudo realizado por Nunes e Fiori (2008), foi constatado que o aumento de áreas urbanas e superfícies impermeáveis em bacia hidrográficas, ocasionam o aumento do coeficiente de escoamento superficial, assim como o aumento dos picos de vazão e redução do tempo de concentração.

## 2.4 Floresta e Água

A produção de água em uma microbacia está intimamente relacionada com a presença da vegetação (CÂMARA, 2019). Segundo Silva, Lima e Mendonça (2014), a vegetação influencia diretamente no balanço hídrico de bacias hidrográficas e na sua conservação, uma vez que exerce papel fundamental na proteção e manutenção de nascentes e cursos d'água. A cobertura florestal apresenta papel fundamental no ciclo hidrológico e na conservação do solo, pela sua função de interceptação da água da chuva, que amortece a energia de impacto das gotas de chuva no solo (menor energia cinética), reduzindo a energia residual que provoca a desagregação do solo (SILVA et al., 2005), afetando diretamente a infiltração no solo e o escoamento superficial (CAMPANA; VARELLA, 2000). A retirada da vegetação, a curto prazo, pode até aumentar a vazão dos rios, por reduzir a evapotranspiração e as perdas por interceptação. No entanto, a longo prazo, as alterações no uso do solo geram um desequilíbrio nas etapas do ciclo hidrológico que envolvem a floresta, como interceptação, percolação, evapotranspiração e escoamento superficial (VALCARCEL, 1985). O uso do solo, portanto, influencia nos fenômenos do ciclo hidrológico e do balanço hídrico, como demonstrado pela Figura 5.



**Figura 5:** Variação na precipitação e no deflúvio em diferentes coberturas vegetal e manejo do solo. Fonte: Honda e Durigan (2017).

Assim como afirmado por Balbinot (2008) e Bacellar (2005), bacias hidrográficas com presença de florestas contam com uma menor amplitude de vazão ao longo do ano, reduzindo eventos de cheia e apresentando um fluxo mais constante. Bacias hidrográficas com cobertura florestal, mesmo que, com baixo rendimento hídrico anual, contribuem para a recarga do lençol freático, por apresentarem maiores taxas de infiltração de água no solo, o que permite a manutenção da vazão ao longo do ano, inclusive em períodos de estiagem. Já em solos com

práticas agrícolas, reparamos o oposto, em razão das menores taxas de infiltração, ocorrem picos de vazão em períodos de chuva, e em períodos de estiagem alguns cursos d'água chegam a secar e outros se encontram com o nível de água reduzido, devido à baixa contribuição do lençol freático na vazão (SALEMI et al., 2011).

A cobertura florestal pode estar relacionada a uma menor produção de água pela bacia hidrográfica, porém está intimamente atrelada a qualidade da água. Segundo Honda e Durigan (2017), a restauração florestal deve ser pensada de acordo com os serviços ecossistêmicos providos pela floresta, como, por exemplo, a regulação da qualidade da água. Bacellar (2005) ainda ressalta que a cobertura vegetal restaurada tende a reduzir o escoamento superficial e o potencial erosivo do solo, evitando a contaminação dos mananciais hídricos. Schneider et al. (2011) entrelaçam a cobertura do solo com o escoamento superficial, assim, em solos expostos, a rugosidade é reduzida, havendo maior velocidade da água da chuva quando em contato com o solo, que, além de carregar sedimentos, possivelmente contaminados, pode gerar modificações que desestabilizam o curso d'água.

A preservação da mata ciliar, assim como o uso adequado do solo, na bacia como um todo, é de extrema importância para a qualidade da água (SILVA; GALVÍNCIO; ALMEIDA, 2010; VETORRAZZI, 2006). Segundo Vettorazzi (2006), práticas conservacionistas, como o reflorestamento, têm recebido cada vez mais atenção no que diz respeito à produção de água de qualidade para uso humano, uma vez que se apresenta como uma solução possível de se realizar e com custos mais vantajosos, além de reduzir gastos com o tratamento da água.

A restauração florestal muitas vezes é utilizada visando a recuperação de nascentes e córregos, porque, mesmo apresentando taxas elevadas de evapotranspiração, acaba por melhorar as condições de infiltração de água no solo. Consequentemente, restaura o processo de recarga do lençol freático, que irá contribuir para regularização da vazão dos rios (SALEMI et al., 2011). Com isso, é frequente o reflorestamento de bacias hidrográficas, visando a melhoria da produção de água, já que as florestas têm papel fundamental na estabilização e manutenção das vazões nos rios (BACELLAR, 2005).

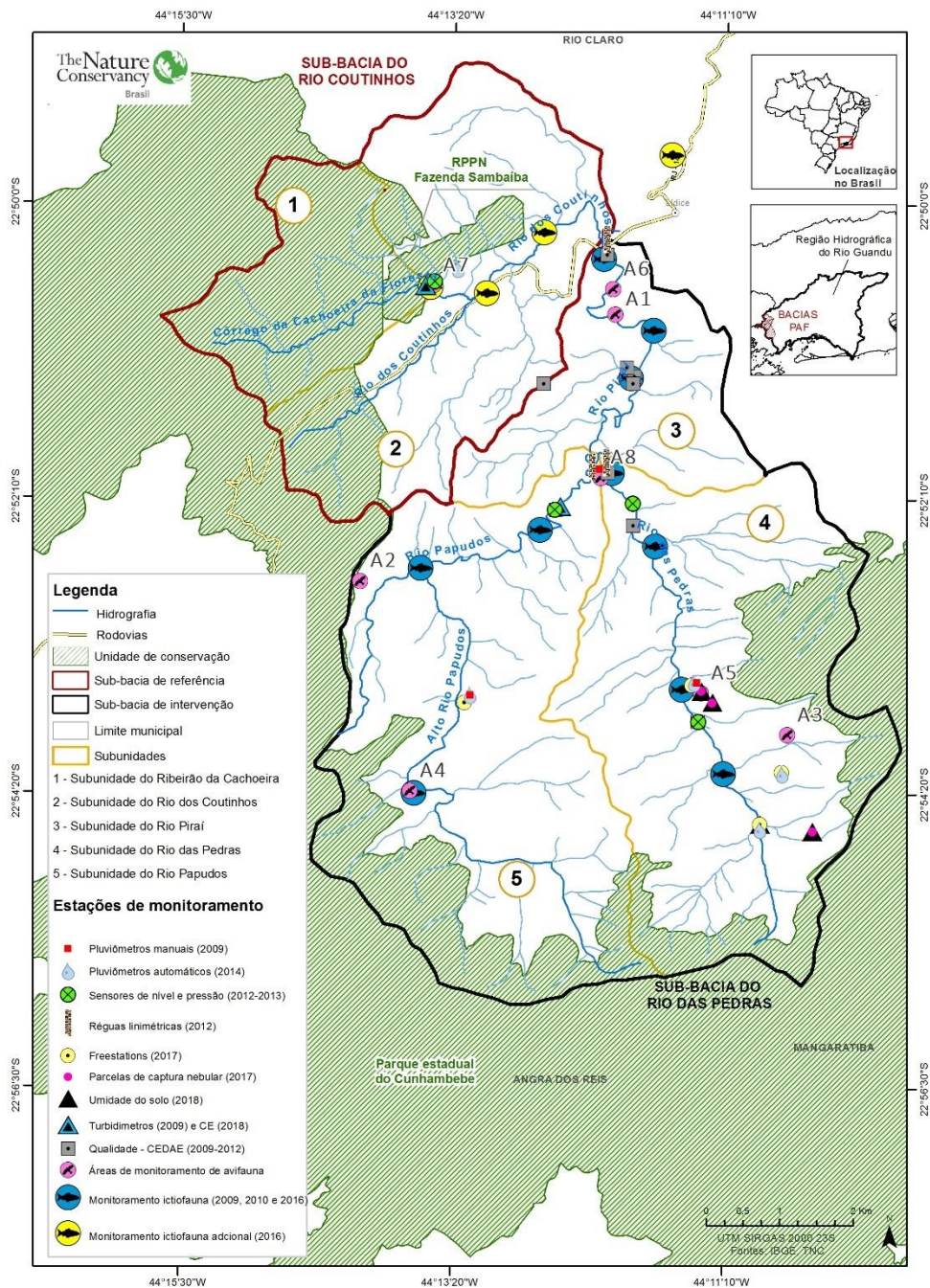
## **2.5 Projeto Produtores de Água e Floresta em Lídice, Rio Claro - RJ**

O Comitê de Bacias do Rio Guandu e dos rios contribuintes à Baía de Sepetiba, nos últimos anos, vem investindo em programas que visam a melhoria da qualidade e estabilidade do deflúvio nas bacias contribuintes do Rio Guandu. A área de Lídice abrange as bacias do rio Pirai e do Ribeirão das Lajes, à montante da represa, situadas na Região Hidrográfica do Guandu, são responsáveis pelo abastecimento do reservatório de Tocos. Apesar de, geograficamente, estar localizada na bacia do Rio Paraíba, as águas do Rio Pirai são artificialmente desviadas para integrar a bacia do Rio Guandu, com o objetivo de fornecer água para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, sendo uma das principais fontes para o abastecimento de água potável dessa região (MANSUR; GUIMARÃES; KLEMZ, 2013).

Visto essa importância, a bacia do Rio das Pedras, situada na cidade de Lídice, foi escolhida como área piloto para o desenvolvimento do projeto Produtores de Água e Floresta (PAF), que desde maio de 2009, vem se utilizando do mecanismo de pagamentos por serviços ambientais (PSA) com a finalidade de garantir, de forma mais efetiva, as características ideais de deflúvio, pelo incentivo financeiro aos proprietários de terra na bacia a realizarem o reflorestamento de áreas prioritárias ao manejo hídrico (MANSUR; GUIMARÃES; KLEMZ, 2013).

Com a finalidade de aferir as transformações provocadas pelas ações do projeto nos recursos hídricos, foi instalada uma rede de monitoramento climatológico, fluviométrico, de qualidade da água e de regime hídrico, com sensores automáticos. Os pontos de monitoramento abrangem a microbacia do Córrego da Cachoeira, na bacia Rio Coutinhos e, na bacia onde foi

feita a intervenção, Rio das Pedras, um dos pontos está localizado na microbacia do Rio Papudos (Figura 6).



**Figura 6.** Bacias Hidrográficas monitoradas pelo projeto Produtores de Água e Floresta, em Lídice, Rio Claro – RJ. Fonte: *The Nature Conservancy* (TNC). Comunicação pessoal, 2020.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

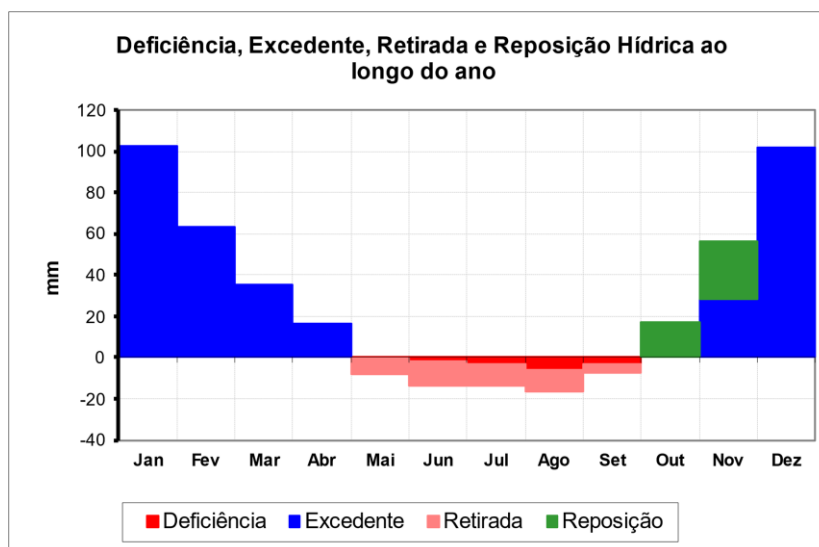
O trabalho foi desenvolvido no município de Rio Claro-RJ, no distrito de Lídice. Segundo o censo do IBGE (2020), Rio Claro apresenta população acima de 18,5 mil pessoas, com o índice de desenvolvimento humano (IDH) de 0,683 e o produto interno bruto anual (PIB)



per capita de R\$ 21.763,04. É um município com aproximadamente 846,8 km<sup>2</sup>, com 65% de esgotamento sanitário adequado, 63,2% de arborização pública, mas somente 37,4% de urbanização das vias públicas. A região é caracterizada pela predominância do setor primário representado pela silvicultura, a pecuária e a avicultura, com o setor secundário ganhando visibilidade e incentivos fiscais, com intuito de fortalecer a atividade industrial da área, além de vir estabelecendo um tímido potencial para desenvolvimento de turismo ecológico e cultural (PEREIRA, 2012).

O clima da região é quente e temperado, com menor precipitação no inverno. A classificação do clima é Cwa, clima temperado úmido, com inverno seco e verão quente, de acordo com Köppen e Geiger. A temperatura média anual em Lídice é 19,7°C e a pluviosidade média anual é de 1665 mm. O mês mais seco (julho) apresenta 39 mm de precipitação e temperatura média de 16,5 °C. Já o mês de maior precipitação é janeiro, com uma média de 293 mm, além de ser o mês mais quente do ano com uma temperatura média de 22,7 °C. A diferença de precipitação entre o mês mais seco e o mês mais chuvoso é 254 mm e as temperaturas médias variam 6,3 °C durante o ano (CLIMATE-DATA, 2021).

De acordo com o balanço hídrico regional (Figura 7), realizado pelo método proposto por Thornthwaite & Mather (1955), com o auxílio do programa “BHnorm”, elaborado em planilha por Rolim e Sentelhas (1999), os meses de novembro a abril são considerados meses de excedente hídrico, em que o solo atinge a sua capacidade máxima de retenção de água, aumentando o escoamento superficial. No início do período de estiagem, maio, verifica-se a retirada de água do solo, época em que começa a ocorrência de deficiência hídrica na região, se estendendo até setembro, são os meses que têm maiores taxas de infiltração de água no solo.

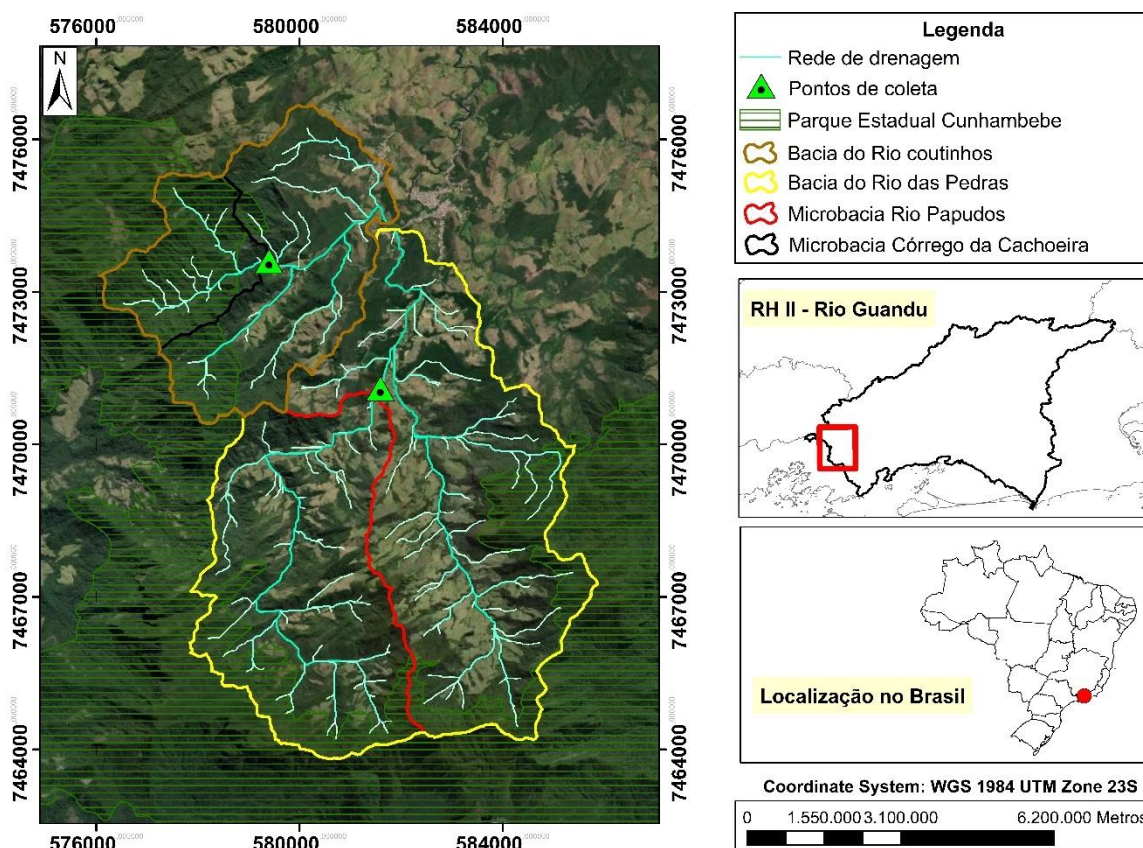


**Figura 7:** Balanço Hídrico de Pirai, no período de 1961 a 1990. Fonte: Rolim e Sentelhas (1999).

O estudo, conforme mostra a Figura 8, foi realizado na microbacia de referência, Córrego da Cachoeira, inserida na bacia Rio Coutinhos, apresentando vegetação nativa conservada e em estágio avançado de sucessão. O outro ponto é na microbacia do Rio Papudos, na bacia Rio das Pedras, no entorno do Parque Estadual Cunhambebe, em área de restauração florestal assistida desde 2010.

A microbacia do Córrego da Cachoeira possui 636 hectares, está aproximadamente 1300 m acima do nível do mar, apresenta grande parte da sua área com vegetação nativa, por ser sobreposta pelo Parque Estadual do Cunhambebe e pela RPPN Sambaíba. A microbacia do Rio Papudos, com 2233 hectares, está a aproximadamente 1600 m acima do nível do mar e abrange as principais nascentes do Rio Pirai.

A região do estudo está dentro do bioma Mata Atlântica, a sua vegetação é composta por Floresta Estacional Semidecidual Submontana e a Floresta Ombrófila Densa, ambas formações florestais características de climas tropicais e presentes em grande parte na região sudeste do Brasil (IBGE, 2012). Formada por trechos de matas que ainda se mantêm preservadas, mas, ainda assim, com expressiva presença de pastagens (PEREIRA, 2012).



**Figura 8:** Localização das microbacias analisadas no trabalho e os pontos de coleta das amostras de água, no distrito de Lídice, Rio Claro (RJ).

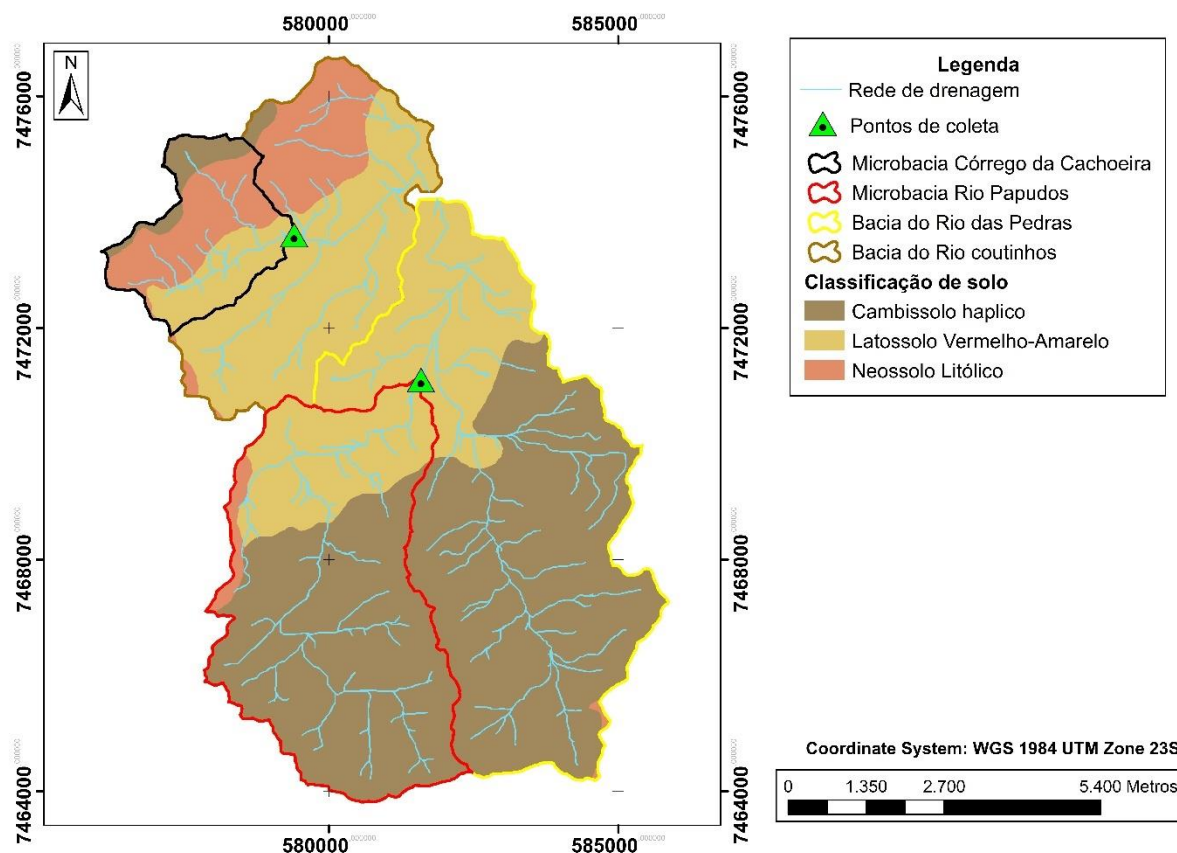
Está inserida no Planalto Atlântico do sudeste brasileiro, cujo termo foi definido pela primeira vez por Azevedo (1948). Assim, a região é dividida em três principais domínios de relevo: a) domínios serranos escarpados; b) Planaltos suspensos; c) domínios colinosos ou de mar de morros das depressões interplanálticas. Ceivap (2014) complementa esta informação, declarando o relevo da região como sendo ondulado com amplitudes maiores que 200 metros e declividades superiores a 45%, onde os núcleos habitacionais, inclusive a sede, se desenvolveram nas áreas mais planas, próximas ao leito dos rios.

O solo da região é composto por 3 distintas classes de solo, sendo elas: a) Cambissolo haplico; b) Latossolo vermelho e amarelo; c) Neossolo litólico, como mostra a Figura 9.

Os Cambissolos Haplicos são identificados na parte alta e intermediária das bacias, justificando suas características de ocorrência em relevos fortes ondulados ou montanhosos, sendo, desta forma, solos de pequena profundidade, baixa permeabilidade e com ocorrência de pedras visíveis na massa do solo (ALMEIDA; RESENDE, 1985).

Os Neossolos Litólicos compreendem características compartilhadas com cambissolos, estando associados a relevos ainda mais declivosos. Tem como característica a baixa permeabilidade, a pequena espessura do solo e a presença de afloramentos da rocha matriz (ALMEIDA; ZARONI; CLEMENTE, 2021). Ocorrem, como observado, nas regiões distantes dos exutórios e próximas aos divisores de água das bacias.

Diferente dos solos já descritos, os Latossolos Vermelho-Amarelo são associados a relevo plano, suave ondulado ou ondulado (PEREIRA et al., 2010). Estão claramente presentes próximos as planícies fluviais, no baixo curso das bacias.



**Figura 9:** Classificação de solos na área de estudo. Fonte: Elaborado a partir de EMBRAPA 1:50.000 (2016).

### 3.2 Análise física das microbacias hidrográficas

Para delimitar as microbacias de interesse e a rede de drenagem, utilizou-se como dado de entrada o modelo digital de elevação (MDE) do terreno, com resolução de 12,5m, do ano de 2011, disponibilizado pelo satélite ALOS (*The Advanced Land Observing Satellite*) e pelo instrumento PALSAR (*The Phased Array L-band SAR*), lançado em janeiro de 2006 pela Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial.

No software ArcGis 10.6, a partir de um modelo hidrológico, “*Delineate Streams*” (delineador de fluxos), cedido pelo Jorge León Sarmiento, colaborador do Laboratório de Manejo de Bacias Hidrográficas (LMBH) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), definiu-se o número limite de acúmulo de fluxo de células maior ou igual a 10.000. Foi gerado um arquivo shapefile com as linhas de fluxo da drenagem e um arquivo raster com a direção dos fluxos, “*Flow direction*”.

Para gerar os limites, foi definido como os exutórios das microbacias os pontos de coleta das amostras de água. A partir da ferramenta *Watershed* (Spatial Analyst Tool, Hydrology), introduzindo o arquivo “*Flow direction*” e o shapefile de ponto para o exutório da microbacia foi gerado um raster com a delimitação. O processo foi feito para microbacia do Córrego da Cachoeira e do Rio Papudos.

A declividade e hipsometria das microbacias foram determinadas a partir do modelo digital de elevação (MDE), com resolução de 12,5m, disponibilizado pelo satélite ALOS

PALSAR. No software ArcGIS 10.6, a partir da ferramenta *Slope (Spatial Analyst Tool)*, foram gerados os intervalos percentuais da declividade do relevo. Ainda foi feita a classificação do MDE para representar as altitudes das microbacias.

O coeficiente de escoamento superficial (C) foi determinado pelo método racional, em que as características da superfície e a ocupação do solo estão relacionadas à um valor de coeficiente tabelado, conforme Tabela 2 (GAROTTI; BARBASSA, 2010) e Tabela 3 (RIGHETTO, 1998 apud CARDOSO, 2018). De posse desses valores, como as microbacias de estudo apresentaram uma ocupação do solo diversificada, utilizou-se a média ponderada dos valores de coeficiente de escoamento em relação as suas respectivas áreas, como apresentado pela equação 2 (HOEPFNER, 2007).

$$C = \frac{\sum C_i \times A_i}{A} \quad (2)$$

Onde: C = coeficiente de escoamento superficial; A = área total da bacia (ha); Ci = coeficiente de escoamento superficial correspondente a ocupação i; Ai = área da bacia correspondente a ocupação i (ha).

**Tabela 2:** Coeficientes de escoamento superficial em função da ocupação do solo. Fonte: Wilken (1978 apud GAROTTI; BARBASSA, 2010).

Zonas	Valores de C
De edificação muito densa: partes centrais densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas;	0,70 a 0,95
De edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas;	0,60 a 0,70
De edificação com pouca superfície livre: partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas;	0,50 a 0,60
De edificação com muitas superfícies livres: partes residenciais tipo cidade-jardim, ruas macadamizadas ou pavimentadas;	0,25 a 0,50
De subúrbios com alguma edificação: partes de arredores com pequena densidade de construções;	0,10 a 0,25
De matas, parques e campos de esporte: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques e campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,20

**Tabela 3:** Coeficientes de escoamento superficial em função do tipo de ocupação. Fonte: Righetto (1998 apud CARDOSO, 2018)

Tipo de ocupação	Coefficiente de C
Áreas com edificação; grau de adensamento	-
Muito grande	0,70 a 0,95
Grande	0,60 a 0,70
Médio	0,40 a 0,60
Pequeno	0,20 a 0,40
Áreas livres: matas, parques, campo	0,05 a 0,20
Pavimentos	0,70 a 0,95
Solos com vegetação	-
Arenoso	0,05 a 0,15
Argiloso	0,15 a 0,35

Para a determinação do fator de forma das microbacias foi calculado, no software ArcGIS 10.6, a partir do *calculate geometry*, a área em m<sup>2</sup>, e o comprimento do eixo principal em metros. Posteriormente, no excel, aplicamos a equação 3, proposta por Horton (1932), para definir o fator de forma (F).

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

Onde: A = área da bacia (m<sup>2</sup>), L = comprimento do eixo da bacia (m) (da foz ao ponto mais longínquo do espigão).

Para cálculo do tempo de concentração das microbacias de estudo, foi utilizada como base a fórmula de Kirpich (1940) adaptado por Kibler (1982), presente no trabalho de Silveira (2005) e Almeida et al. (2013) de acordo com a equação 4.

$$T_c = 0,0663 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \quad (4)$$

Onde: T<sub>c</sub> = tempo de concentração (min), L = comprimento do talvegue (m), S = declividade do talvegue (m/m).

Por fim, a vazão máxima foi determinada de acordo com o método racional, que utiliza a equação 5 (HOEPFNER, 2007; LIMA, 2008).

$$Q_p = \frac{C \times i \times A}{360} \quad (5)$$

Onde: Q<sub>p</sub> = Vazão de pico m<sup>3</sup>/s; C = coeficiente de escoamento superficial; i = intensidade da chuva para duração igual ao tempo de concentração da microbacia (mm/h); A = área da bacia hidrográfica (ha).

A intensidade da chuva teve como referência o trabalho apresentado por Davis e Naghettini (2000), que definiram equações IDF (intensidade-duração-frequência) para cada região do estado do Rio de Janeiro. De acordo com a localização da nossa área de estudo, considerando o tempo de retorno de 100 anos e o tempo de concentração de cada microbacia hidrográfica maior que uma hora, a equação atribuída foi a seguinte (equação 6):

$$\hat{i}_{T,d,j} = 85,264 \times d^{-0,789} \times P_j^{0,367} \times \mu_{T,d} \quad (6)$$

Onde:  $\hat{i}_{T,d,j}$  = intensidade da chuva de duração d associada a um período de retorno T em um local j dentro de uma região homogênea do estado do Rio de Janeiro; d = duração da precipitação (min); P<sub>j</sub> = precipitação média anual (mm) no local j;  $\mu_{T,d}$  = quantil adimensional regional.

Para o cálculo da intensidade da chuva foi considerada a precipitação média anual de 1665mm (CLIMATE-DATA, 2021) e a duração da precipitação igual ao tempo de concentração da microbacia (Tabela 4). O valor adotado para o quantil regional considerou o tempo de retorno de 100 anos e o tempo de concentração da microbacia Córrego da Cachoeira e Rio Papudos, segundo Figura 10.

**Tabela 4:** Cálculo da intensidade da chuva

	Rio Papudos	Córrego da Cachoeira
<b>d (min)</b>	257	56
<b>P (mm)</b>	1665	1665
<b>μ</b>	2,6388	2,2673
<b>î (mm/h)</b>	42,91	123,49

Período de retorno (Anos)	2	5	10	20	50	75	100
Duração							
5 minutos	0,9478	1,1173	1,2668	1,4579	1,8077	2,0110	2,1781
10 minutos	0,9711	1,1354	1,2572	1,3953	1,6175	1,7344	1,8256
15 minutos	0,9645	1,1512	1,2924	1,4550	1,7205	1,8619	1,9729
30 minutos	0,9550	1,1668	1,3325	1,5275	1,8538	2,0308	2,1710
45 minutos	0,9477	1,1858	1,3737	1,5963	1,9713	2,1758	2,3383
1 hora	0,9532	1,1811	1,3578	1,5648	1,9088	2,0946	2,2415
2 horas	0,9377	1,1845	1,3873	1,6344	2,0634	2,3028	2,4955
3 horas	0,9339	1,1866	1,3977	1,6577	2,1147	2,3721	2,5802
4 horas	0,9309	1,1857	1,4005	1,6668	2,1380	2,4049	2,6213
8 horas	0,9176	1,1907	1,4296	1,7334	2,2862	2,6058	2,8680
14 horas	0,9142	1,1983	1,4479	1,7663	2,3477	2,6848	2,9616
24 horas	0,9146	1,2144	1,4719	1,7951	2,3752	2,7071	2,9778

**Figura 10:** Quantis anuais adimensionais regionais  $\mu_{T,d}$ . Fonte: Davis e Naghettini (2000).

### 3.3 Caracterização de uso e ocupação do solo

Para a classificação do uso e ocupação do solo, foi utilizada a imagem do ano de 2019, do satélite Sentinel 2, sensor MSI (Instrumento MultiSpectral Sentinel-2), que adquire 13 bandas espectrais, dentre elas: Azul (490nm), Verde (560nm), Vermelho (665nm) e Infravermelho Próximo (842nm). Opera desde 2015, com resolução espacial a partir de 10 m, disponibilizado de forma gratuita pelo portal *Earth Explorer* da *United States Geological Survey* (USGS).

Para o processamento em SIG, utilizou-se o software ArcMap 10.6, que apresenta uma ferramenta para realização da classificação supervisionada, que permite interpretar o uso e a ocupação do solo, a partir de amostras de assinaturas espectrais. A classificação supervisionada foi feita a partir da imagem com resolução de 10 m, Datum WGS84 em projeção UTM fuso 23S, utilizando como base, a composição de bandas espectrais de cor verdadeira RGB (“*Red, Green, Blue*”), sendo definidas três classes: pastagem, floresta e rocha e solo exposto.

### 3.4 Coleta de dados

#### 3.4.1 Análise de sólidos suspensos totais (SST)

As coletas para análise da água foram realizadas no ponto de coleta da microbacia do Rio Papudos e do Córrego da Cachoeira. O período analisado foi condicionado ao auxílio da equipe do projeto PAF, que coletou as amostras de água e as enviou para o LMBH. Foram feitas coletas pontuais em diferentes meses, tendo início em 2020, com uma coleta de três litros por mês, em janeiro, setembro e outubro. No ano de 2021 analisou-se os meses de março, abril e maio, com três litros por amostra.

#### 3.4.2 Resposta hidrológica de sólidos suspensos totais (SST)

As coletas para análise da resposta de sólidos suspensos totais (SST) presentes na água durante um evento de precipitação foram realizadas em duas áreas distintas: no ponto de coleta da microbacia do Rio Papudos e do Córrego da Cachoeira. Foram acompanhados dois eventos de chuva, o primeiro a equipe do projeto PAF que coletou as amostras, com dois litros cada, em intervalos de 20 minutos, começando as 18:40h do dia 03/02/2020 até as 00:55h do dia 04/02/2020. Essas amostras foram enviadas para o LMBH. O segundo evento foi realizado pela equipe do LMBH, com amostras de três litros, coletadas em intervalos de 1 hora, no período de 09-15h do dia 07/03/2021.

### 3.4.3 Coleta das amostras

A escolha das seções de medição teve como critério o trecho do rio retilíneo, uma seção estável, sem obstrução das linhas de correntes, acesso fácil, evitando zonas muito próximas de confluências de rios e, também, de áreas sob efeito de remanso. Com o intuito de obter o valor da descarga sólida, foram coletadas amostras de material em suspensão na posição central de cada segmento do rio (Figura 11), com auxílio do amostrador (Figura 12). Posteriormente, foram armazenadas em garrafas plásticas, previamente rinsadas com a água do rio (Figura 13), e colocadas na geladeira até processo de filtragem.

Essas amostras foram analisadas, no Laboratório de Manejo de Bacias Hidrográficas, do Departamento de Ciências Ambientais, Instituto de Florestas, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.



**Figura 11.** Coleta de água com auxílio do amostrador. Fonte: *The Nature Conservancy* (TNC). Comunicação pessoal, 2020.



**Figura 12.** Coletor de água horizontal. Descrição: a) Amostrador, 1200ml. b) Linha calibrada possibilitando determinar a profundidade de coleta. c) Mecanismo para abrir as tampas. d) Cilindro para travar ambos os lados, as tampas fecham a amostra na profundidade escolhida e impedem que haja contaminação com misturas de

profundidades intermediárias até o amostrador voltar à superfície. Fonte: *The Nature Conservancy* (TNC). Comunicação pessoal, 2020.



**Figura 13.** Armazenamento da coleta em garrafas de plástico. Fonte: *The Nature Conservancy* (TNC). Comunicação pessoal, 2020.

### 3.5 Quantificação dos sólidos suspensos totais (SST)

Segundo Carvalho (2008), o método de filtração, para quantificação de sólidos em suspensão, é o mais recomendado para amostras de baixas concentrações com pouco volume de água. Com isso, foram misturados os 3 litros de água coletados por amostra e depois, com uma proveta de 1000ml, a água foi despejada no equipamento e filtrada em um filtro de fibra de vidro padrão (membrana), com 47mm de diâmetro, com auxílio de uma bomba de sucção a vácuo (Figura 14). O volume filtrado variou em função da saturação da membrana; quando foi atingido a saturação, a membrana foi trocada.



**Figura 14.** Processo de filtração.

Antes de realizar a filtração, foi pesado em balança analítica a placa de petri mais o filtro de fibra de vidro padrão, assumindo o valor inicial, sem sólidos. Após a filtração o resíduo retido no filtro foi transferido para a placa de petri e seco em uma hora na estufa a 100°C (CARVALHO, 2008). Toda vez antes de pesar, as placas de petri eram colocadas durante 10min no dessecador com sílica (Figura 15), para que pudessem estabilizar sem ganhar umidade. O aumento no peso do filtro representou os sólidos suspensos totais.

Para calcular a quantidade de sólidos suspensos foi utilizada a equação 7:

$$SST = \frac{(P_2 - P_1)}{V_{amostra}} \quad (7)$$



Onde:  $SST$  = mg de sólidos suspensos totais/litro;  $P_1$  = peso da placa de petri com a membrana (mg);  $P_2$  = peso da placa de petri com a membrana e o resíduo seco (mg) e  $V_{amostra}$  = volume da amostra (L).



**Figura 15.** Dessecador com as placas de petri e membranas com sólidos suspensos.

### 3.6 Análise dos resultados

No processamento dos dados de sólidos suspensos totais, quando foi utilizado mais de uma membrana para cada amostra, o resultado dos pesos de sólidos em cada uma foi somado e dividido pelo volume total (equação 8).

$$SST = \frac{(P_{2,1}-P_{1,1})+(P_{2,2}-P_{1,2})+(P_{2,n}-P_{1,n})}{V_{amostra}} \quad (8)$$

Onde:  $SST$  = mg de sólidos suspensos totais/litro;  $P_{1,n}$  = peso da placa de petri com a membrana n (número de membranas utilizada para filtrar cada amostra) (mg);  $P_2$  = peso da placa de petri com a membrana n e o resíduo seco (mg) e  $V_{amostra}$  = volume total da amostra (L).

Para os eventos de chuva, quando foi realizado mais de uma coleta no período de uma hora, foi obtida a média desses resultados para conseguir um valor de  $SST$  (mg/L) médio por hora, possibilitando as correlações com os dados de precipitação.

Os resultados de  $SST$  foram relacionados com os dados de precipitação encontrados no Banco de Dados Meteorológicos do INMET, a partir da estação automática de Rio Claro fundada em 2016.

Para essa análise, foram obtidos dados horários de precipitação, até 3 dias antes do evento. Em planilha do excel, os dados foram correlacionados com os de  $SST$ , a fim de obter um gráfico com a resposta da concentração de sólidos suspensos durante o evento.

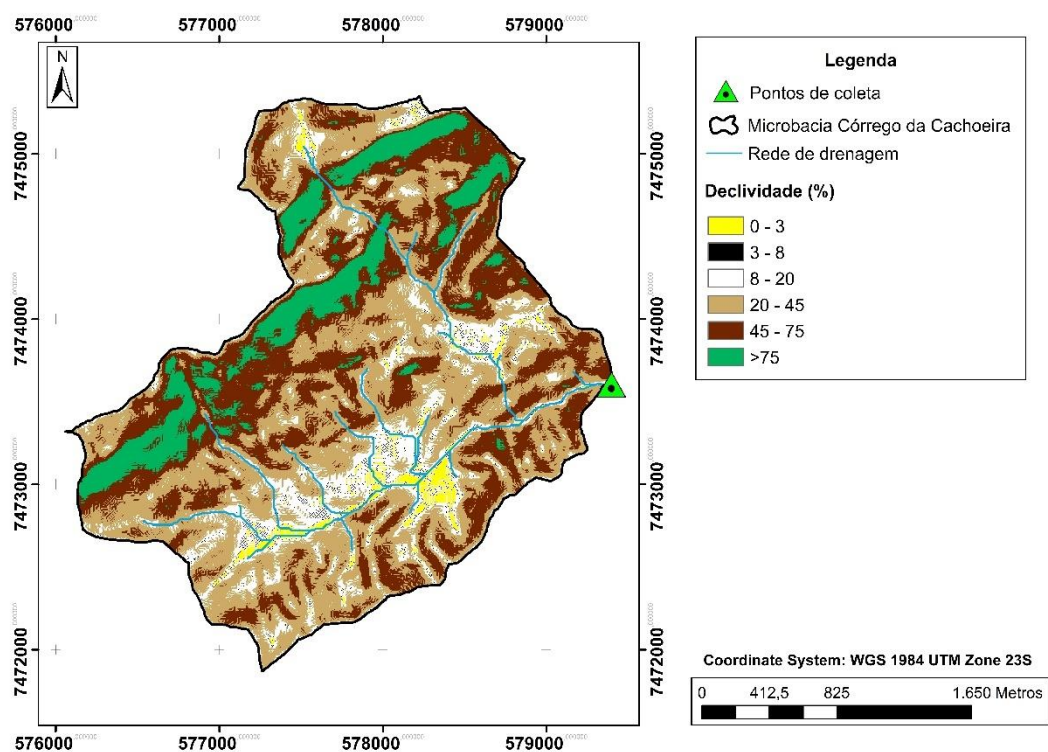
Para as amostras isoladas, também foram obtidos dados horários de precipitação até 3 dias antes da coleta. Em planilha do excel, foi feita a soma dos dados horários para obter a precipitação total diária no dia da coleta e caracterizar os dias anteriores, correlacionando com os dados de  $SST$  em um gráfico de dispersão.

Com o objetivo de obter o potencial máximo de perda de solo, em kg/ha, para cada microbacia, a concentração máxima de  $SST$  observada foi relacionada com a sua vazão máxima.

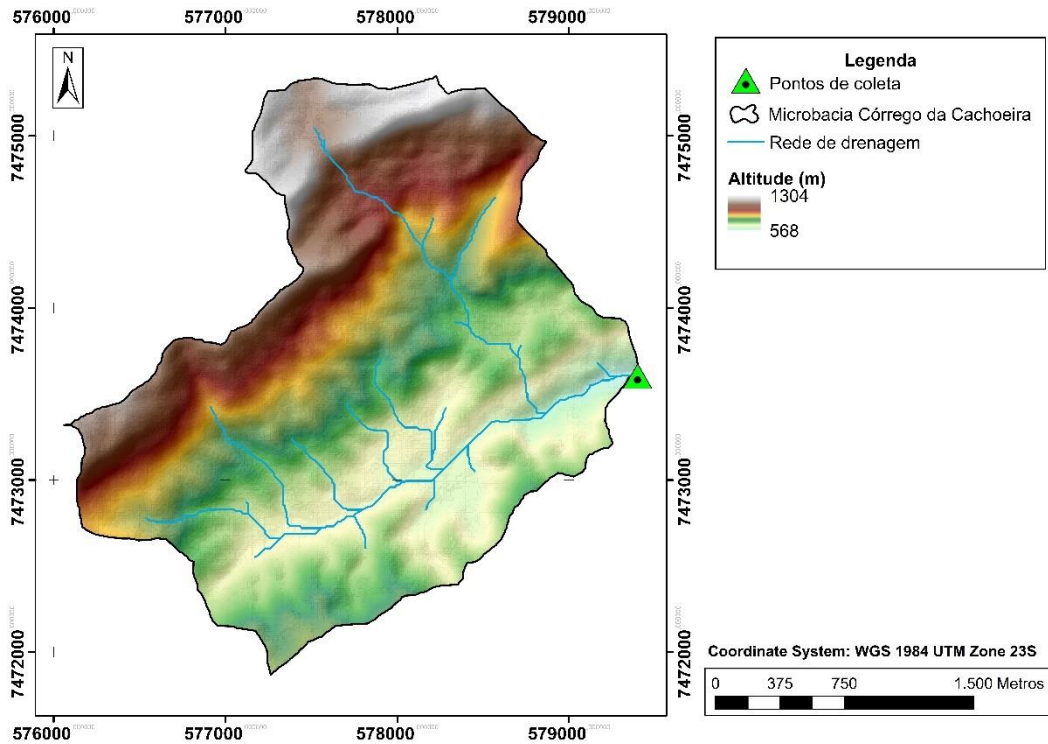
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise física das microbacias e caracterização de uso e ocupação do solo

A Figura 16 apresenta a distribuição espacial das classes de declividade na microbacia do Córrego da Cachoeira, que obteve declividade média de 44%, segundo Embrapa (2018), classifica-se como relevo fortemente ondulado. De acordo com a Figura 17, com altitudes variando entre 565 e 1300m, verificamos que a microbacia, apresenta na maior parte do seu território baixas altitudes.

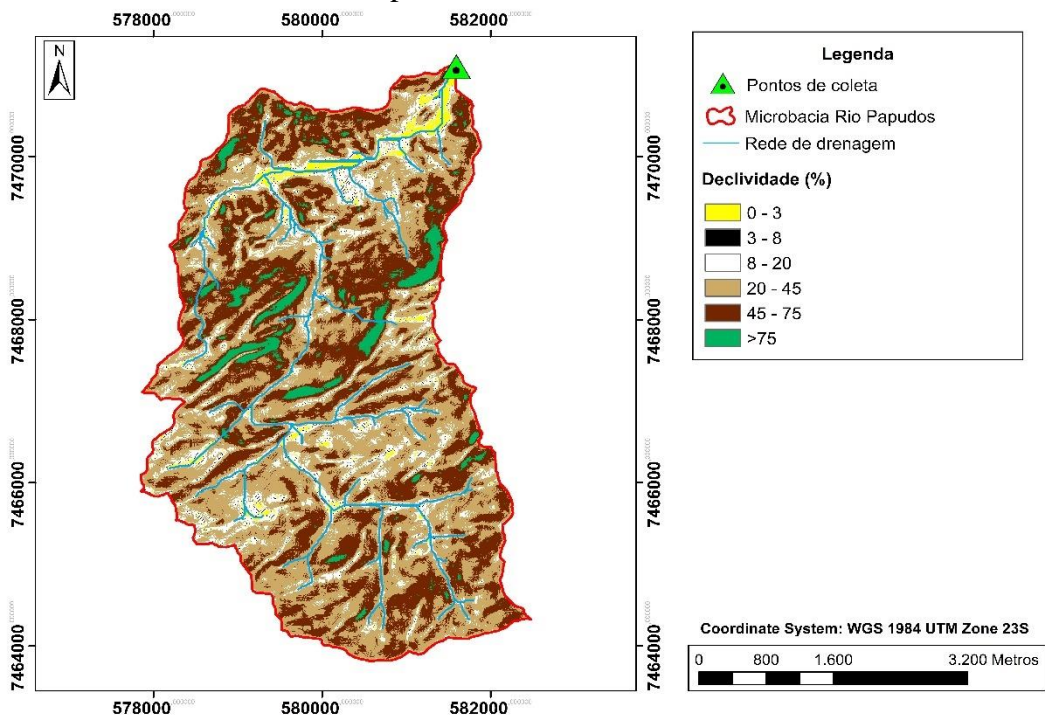


**Figura 16:** Mapa de declividade para a microbacia Córrego da Cachoeira. Fonte: Elaborado a partir do MDE Alos Palsar. Resolução 12,5m.

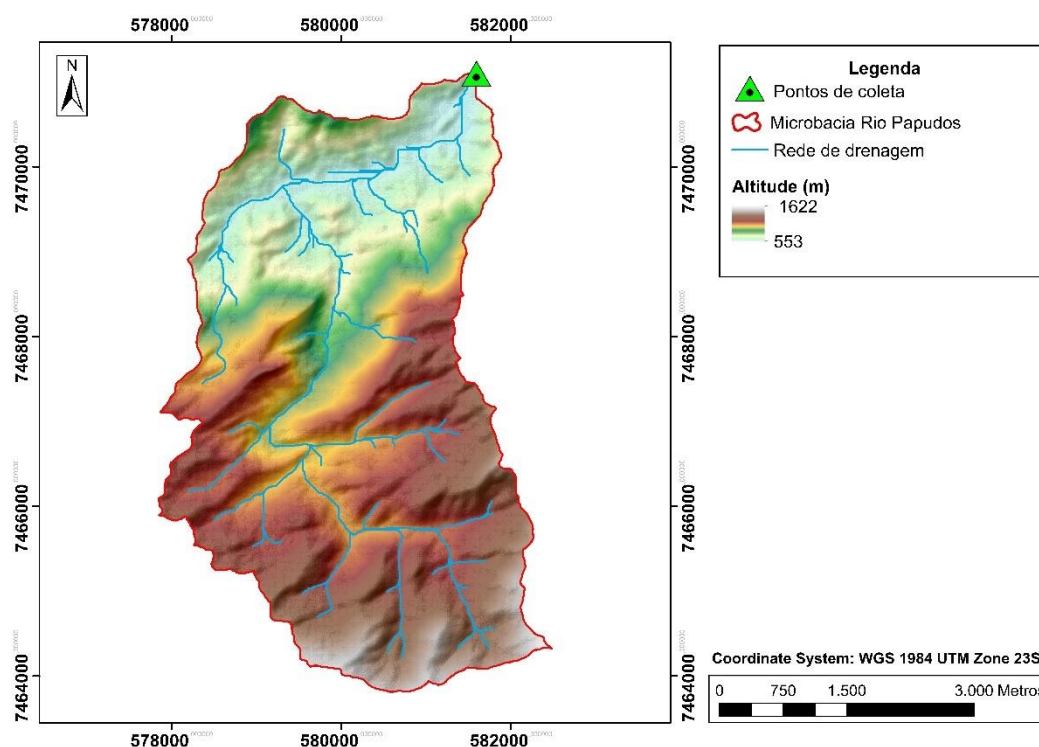


**Figura 17:** Modelo Digital de Elevação (MDE) para microbacia Córrego da Cachoeira. Fonte: Elaborado a partir de Alos Palsar. Resolução 12,5m.

Para a microbacia do Rio Papudos, a distribuição espacial das classes de declividade está apresentada na Figura 18, com a média de 40%, segundo Embrapa (2018), classifica-se como relevo fortemente ondulado. Na Figura 19, com altitudes variando de 550 a 1600m podemos analisar elevadas altitudes predominando a microbacia.



**Figura 18:** Mapa de declividade para a microbacia Rio Papudos. Fonte: Elaborado a partir do MDE Alos Palsar. Resolução 12,5m.



**Figura 19:** Modelo Digital de Elevação (MDE) para microbacia Rio Papudos. Fonte: Elaborado a partir de Alos Palsar. Resolução 12,5m.

O coeficiente de escoamento superficial é o resultado da razão entre o volume de água escoado pela superfície e o volume de água precipitado, sendo um valor adimensional que quantifica o grau de absorção de água pela superfície (FRANCO, 2004; TARQUI et al., 2019). Com valores variando de 0 a 100%, quanto mais próximo de zero maior é a infiltração de água no solo, já valores próximos a cem apresentam maior tendência à geração de escoamento superficial. As microbacias por apresentarem a ocupação do solo de maneira diversificada com sub-áreas homogêneas, o valor do coeficiente de escoamento superficial foi determinado a partir da média ponderada dos valores de C referentes a cada classe de uso do solo, como demonstrado na Tabela 5.

**Tabela 5:** Coeficientes de escoamento superficial em função da ocupação do solo para a microbacia do Córrego da Cachoeira e a microbacia do Rio Papudos.

Classes	Valores de C	Rio Papudos Área das classes de uso do solo (ha)	Córrego da Cachoeira Área das classes de uso do solo (ha)	C ponderado (Papudos)	C ponderado (Córrego da Cachoeira)
Floresta	0,10	1720,0942	632,4546	172,0094	63,2455
Rocha e solo exposto	0,65	39,2337	0	25,5019	0
Pastagem	0,20	474,1083	4,1222	94,8217	0,8244
	<b>Total</b>	2233,4361	1748,9610	0,1309	0,0366
			<b>C%</b>	13,0889	3,6633

Para a classe “Floresta” o valor de C atribuído foi de 0,1, assim como o trabalho apresentado por Garotti e Barbassa (2010). Já para pastagem adotou-se valor de C igual a 0,2.

Ambas as microbacias apresentaram boas condições de infiltração da água da chuva. A microbacia do Córrego da Cachoeira tem coeficiente de escoamento superficial de aproximadamente 3,6%, ou seja, do total precipitado, menos de 4% contribuem para o

escoamento superficial. A microbacia do Rio Papudos obteve valor de C de aproximadamente 13%.

O fator de forma indica a suscetibilidade da bacia a enchentes, com valores variando de 0 a 1, em que bacias menos propensas a inundações apresentam valores próximos a zero (ELESBON et al., 2011; FISTAROL; BRANDOLFF; SANTOS, 2015). A microbacia Córrego da Cachoeira, com fator de forma de 0,82 indica um formato circular, com suscetibilidade a inundações, por apresentar maior probabilidade de que chuvas intensas cubram toda a sua área, gerando grande volume de água no curso principal, durante eventos de precipitação (CARDOSO et al, 2006). Já para a microbacia do Rio Papudos, o fator de forma foi igual a 0,17, não apresentando tendência a enchentes, o que indica uma microbacia alongada, com seus afluentes desaguando no rio principal, em diferentes pontos, além de maior área de captação da água da chuva, evitando que, em eventos extremos, ocorra concentração de água no curso principal vindo dos seus tributários (FRAGA et al., 2014).

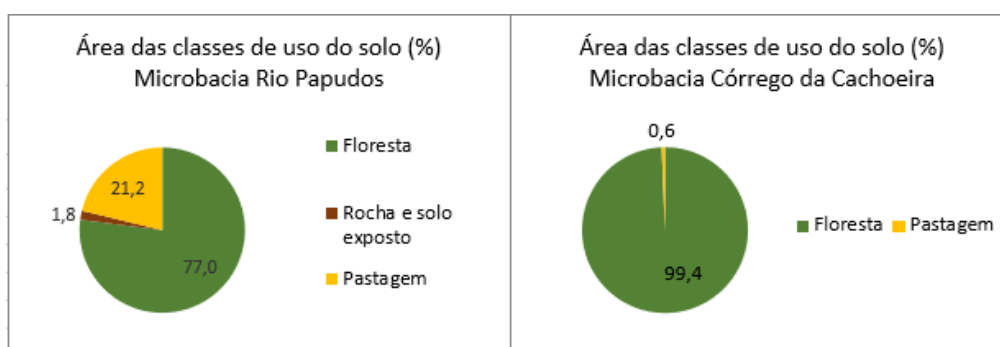
Segundo Araújo et al. (2011), o tempo de concentração indica a resposta da bacia a um evento de precipitação, entendido como o tempo necessário para que toda sua área contribua para o escoamento superficial na saída de uma secção, sofrendo alterações de acordo com as características físicas da bacia. Diante disso, os resultados mostraram que a microbacia do Córrego da Cachoeira apresentou tempo de concentração de 56min enquanto a microbacia do Rio Papudos, 4 horas e 17min.

A vazão máxima para as microbacias está representada pela Tabela 6, considerando um tempo de retorno para esse evento de 100 anos.

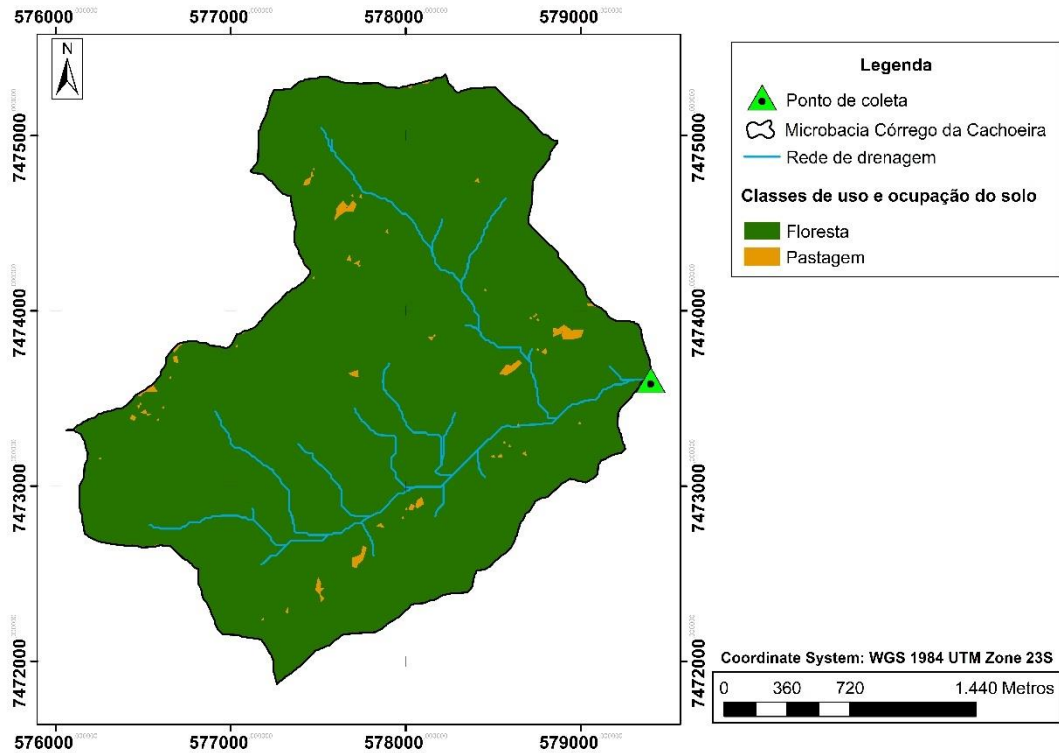
**Tabela 6:** Cálculo da vazão máxima na microbacia do Córrego da Cachoeira e na microbacia do Rio Papudos.

	Rio Papudos	Córrego da Cachoeira
<b>C</b>	0,13089	0,0366
<b>î (mm/h)</b>	42,91	123,49
<b>A (ha)</b>	2233,44	636,58
<b>Q (m³/s)</b>	34,85	8,00

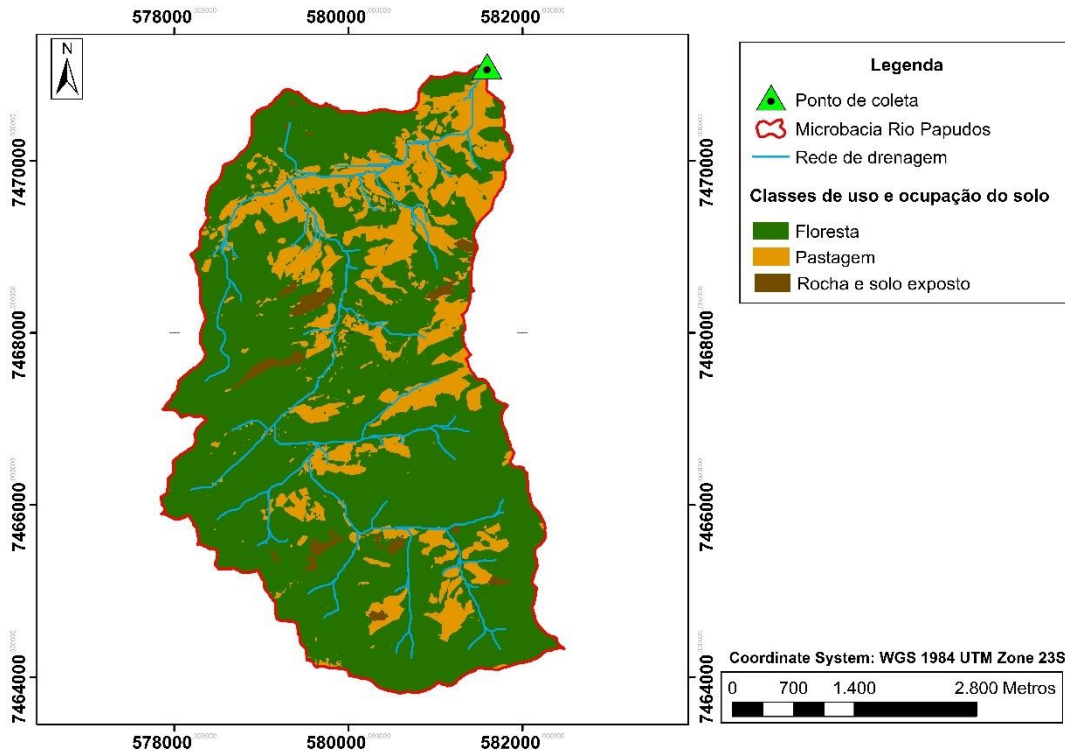
As áreas, em porcentagem, de cada classe de uso do solo para as microbacias, estão apresentadas pela Figura 20. O mapa de uso do solo da microbacia do Córrego da Cachoeira, está na Figura 21 e do Rio Papudos na Figura 22.



**Figura 20.** Classes de uso e ocupação do solo na microbacia do Rio Papudos e do Córrego da Cachoeira.



**Figura 21.** Mapa de uso e ocupação do solo na microbacia Córrego da Cachoeira.



**Figura 22.** Mapa de uso e ocupação do solo na microbacia Rio Papudos.

A partir da classificação de uso e ocupação do solo, foi possível perceber, em termos percentuais, o nível de conservação da microbacia Córrego da Cachoeira, que apresentou 99% do território composto por cobertura florestal. A microbacia do Rio Papudos apresentou expressiva presença de pastagem, mas ainda assim a maior parte do território é composto por formações florestais.

Em resumo, os dados de análise física das microbacias estão apresentados na Tabela 7.

**Tabela 7:** Características físicas da microbacia do Rio Papudos e do Córrego da Cachoeira.

Características Físicas	Resultados	
	Rio Papudos	Córrego da Cachoeira
Área (ha)	2233,4361	636,5768
Declividade média (%)	40	44
Altitude média (m)	1007	852
Comprimento do curso principal (m)	11367,7742	2784,3781
Tempo de concentração (min)	257	56
Vazão máxima (m <sup>3</sup> /s)	34,8460	7,9992
Coefficiente de escoamento superficial	0,1309	0,0366
Fator de forma	0,1728	0,8211

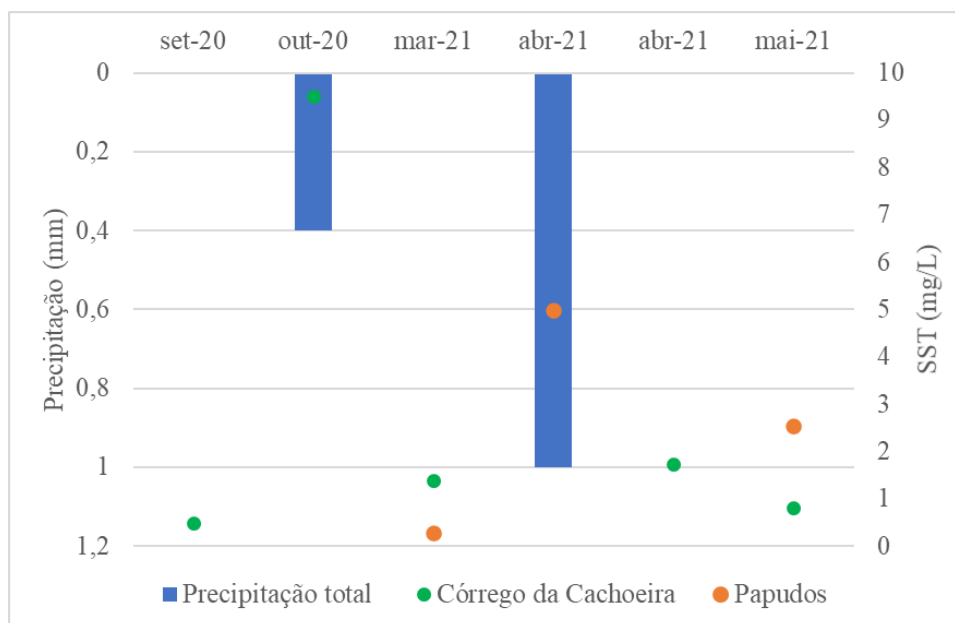
#### 4.2 Análise mensal da concentração de sólidos suspensos totais

De acordo com o balanço hídrico regional, os meses de novembro a abril apresentam excedente hídrico, em que o solo atinge a sua capacidade máxima de retenção de água. Nessas condições esperava-se maior produção de escoamento superficial, já que a precipitação passa a ser maior que a capacidade de infiltração de água no solo (SILVA et al., 2008).

Em janeiro o excedente hídrico chega a 100mm, valor mais alto encontrado para região. Como esperado, em janeiro de 2020, registraram-se os maiores valores de SST quando comparado a outros meses analisados. Para o Córrego da Cachoeira, a concentração de sólidos suspensos foi de 17,03 mg/L, enquanto o Rio Papudos atingiu uma concentração de 227,92 mg/L, indicando 13 vezes mais sólidos em suspensão na água. Esse valor elevado de SST pode estar relacionado com a precipitação total diária de 60mm no dia da coleta, considerada chuva forte (FIGUEIREDO et al., 2016). Chaves e Piau (2008) afirmam a forte correlação entre o aumento da precipitação e o aumento do escoamento superficial e geração de sedimentos. Segundo os autores, o volume do escoamento superficial e o aporte de sedimento anual, da bacia hidrográfica estudada por eles, apresentaram crescimento exponencial com o aumento da precipitação pluvial anual.

Como os valores máximos de SST foram encontrados no mês de janeiro, utilizou-se como referência para estimar o potencial máximo de perda de solo para cada microbacia. A microbacia do Córrego da Cachoeira apresentou potencial máximo de 0,00021 kg/ha/ano, enquanto a microbacia do Rio Papudos 0,00355 kg/ha/ano. De acordo com a FAO, PNUMA e UNESCO (1980) o grau de erosão dos solos para as duas microbacias classificou-se como grau ligeiro, que representa uma perda de solo inferior a 10000 kg/ha/ano, ou 10 ton/ha/ano.

A concentração de sólidos suspensos totais mensais para o Rio Papudos e o Córrego da Cachoeira estão apresentados pela Figura 23.



**Figura 23:** Concentração de sólidos suspensos totais (mg/L) no ponto de coleta da microbacia do Rio Papudos e do Córrego da Cachoeira.

Ainda em 2020, foram coletadas amostras de água em setembro, mês de deficiência hídrica no solo, em um período sem chuva por no mínimo 3 dias, quando o Córrego da Cachoeira apresentou 0,5 mg/L de sólidos em suspensão na água. Outra coleta em outubro, mês caracterizado pela reposição hídrica no solo, o Córrego da Cachoeira apresentou 9,5 mg/L de SST, no dia da coleta, a precipitação diária foi de 0,4mm, e três dias antes 0,2mm. Para a microbacia do Rio Papudos, não houve resultado para esses meses.

Em relação a concentração de sólidos suspensos totais mensais no ano de 2021, para o Rio Papudos, foram encontrados valores variando de 0,2 a 5 mg/L. Para o Córrego Cachoeira, considerada como área de referência, os valores de SST variaram de 0,8 mg/L a 1,7 mg/L.

Em março, o valor de sólidos foi maior no Córrego da Cachoeira e, três dias antes das coletas, houve precipitação total diária de 27,2mm.

O valor mais elevado, dentre as amostras mensais de 2021, em ambas as microbacias, foi observado no mês de abril, embora as amostras tenham sido coletadas em dias diferentes. Em uma análise da precipitação de até 3 dias antes das coletas, foi possível perceber chuvas anteriores (Tabela 8).

**Tabela 8:** Precipitação diária antes da realização das coletas em abril.

Data de medição	Precipitação diária (mm)	Coleta
11/04/2021	0	
12/04/2021	0	
13/04/2021	11,2	
14/04/2021	1	Rio Papudos
15/04/2021	0	Córrego da Cachoeira

Os valores de SST encontrados no mês de abril podem estar relacionados à precipitação nos dias anteriores e, conseqüentemente, à umidade dos solos e à maior suscetibilidade ao escoamento superficial. Guadagnin et al. (2005) e Santos et al. (2011) destacam que a umidade do solo, ocasionada por chuvas anteriores a um evento, favorece o escoamento e a produção de sedimentos, aumentando a perda de solo. Esse acúmulo de umidade no solo pode explicar o aumento de sólidos em suspensão na água quando comparado aos demais meses. Em estudo



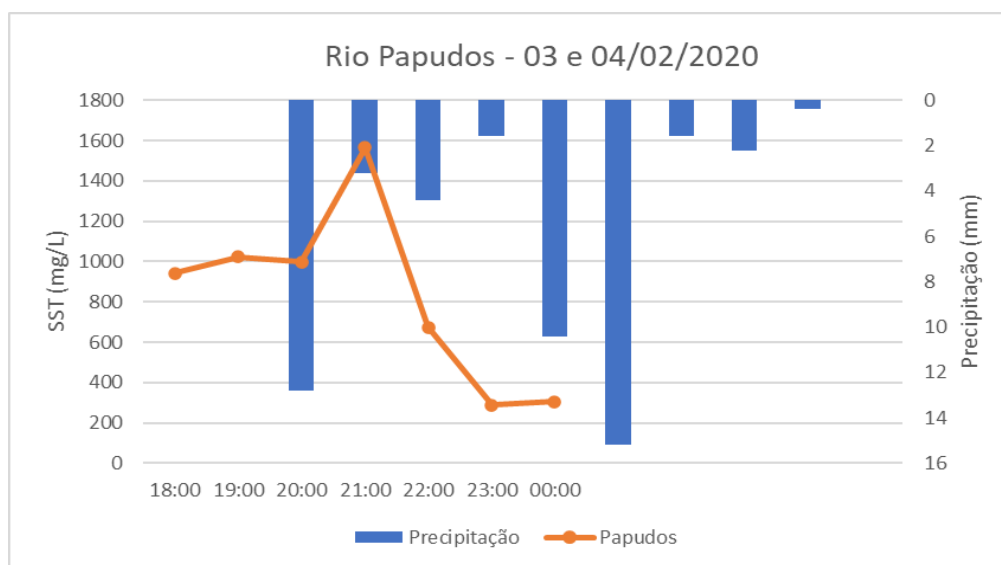
apresentado por Martins et al. (2003), foi possível perceber que chuvas, mesmo com baixa erosividade, são capazes de ocasionar elevadas perdas de solo, quando são subsequentes a outros eventos de precipitação em razão do grau de umidade antecedente do solo.

No mês de maio, que representa o período de estiagem, quando começa a retirada de água do solo, o Córrego da Cachoeira apresentou o valor mais baixo de todo o período, com 0,8 mg/L. Já o Rio Papudos apresentou concentração de 2,5 mg/L. Vale ressaltar que não houve precipitação em pelo menos três dias antes das coletas.

Ao analisarmos de forma comparativa os resultados obtidos, apenas para o mês de março o Córrego da Cachoeira apresentou maior concentração de sedimentos na água, o que pode estar correlacionado com a precipitação anterior, mas, também, pode ser um indicativo da presença de matéria orgânica na água. Em abril e maio, as concentrações mais elevadas de sólidos suspensos na água foram encontradas no Rio Papudos, apresentando resultados até 3 vezes maiores do que no Córrego da Cachoeira.

### 4.3 Resposta hidrológica de sólidos suspensos totais

Em um evento de chuva, observou-se a resposta da concentração de sólidos suspensos em relação à precipitação no Rio Papudos (Figura 24). O evento teve início no dia 03/02/2020 às 20h e durou até às 05h do dia 04/02/2020, com volume total de 51,8mm, sendo a intensidade máxima de 15,2 mm/h, classificada como precipitação moderada (FIGUEIREDO et al., 2016). A primeira coleta foi realizada às 18h e a última às 00h, como o pico da chuva foi registrado após a última coleta, ele não teve participação nos resultados encontrados.



**Figura 24:** Concentração de sólidos suspensos totais (mg/L) durante evento de precipitação.

Percebe-se que o Rio Papudos já apresentava valores de sólidos elevados desde o início do monitoramento. Isso pode estar relacionado à precipitação nos dias anteriores (Tabela 9).

**Tabela 9:** Precipitação diária antes do início do monitoramento.

Data Medição	Precipitação diária (mm)
29/01/2020	0
30/01/2020	0
31/01/2020	4,8
01/02/2020	21,2
02/02/2020	1,6

Segundo Palácio et al. (2009) o escoamento vai ser influenciado não só pelo volume precipitado, mas pela umidade do solo antecedente ao evento de precipitação. Em trabalho, apresentado pelo autor, as maiores produções de sedimento ocorreram nos meses com maior precipitação, conseqüentemente maior umidade do solo e geração de escoamento. Rodrigues (2009) observou que a umidade antecedente do solo influenciou mais no escoamento e na produção de sedimentos do que a intensidade da chuva. Ou seja, o solo na microbacia do Rio Papudos, já vinha acumulando umidade, então a coleta pode ter sofrido influência dessas condições.

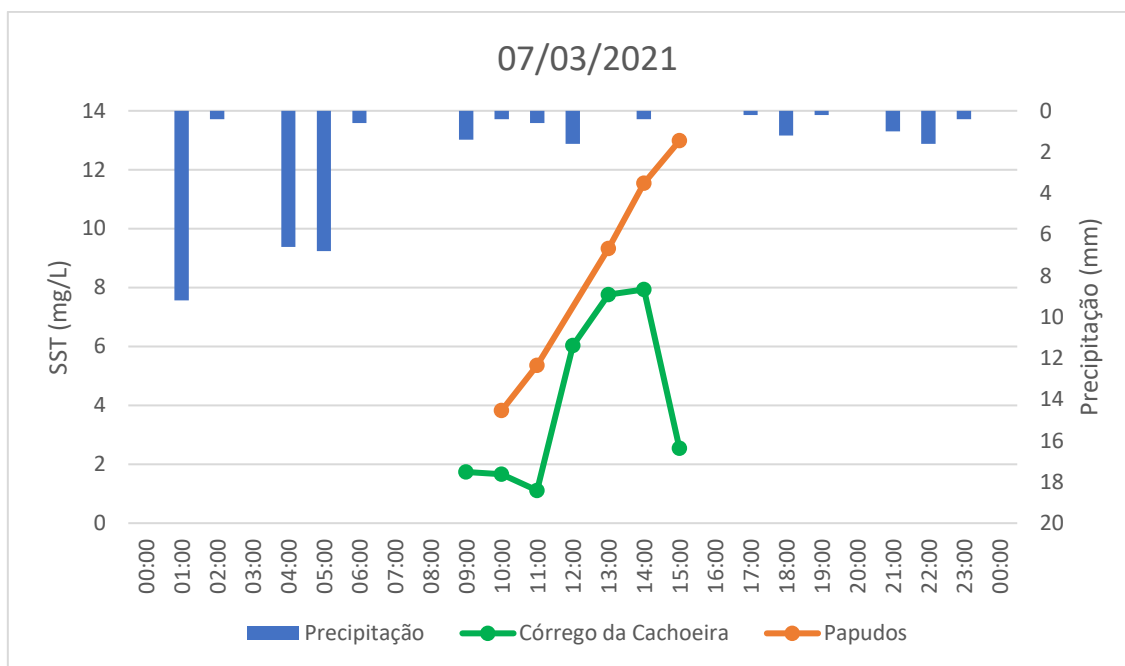
Foi observado o pico de concentração de SST às 21h do dia 03 e o pico da precipitação às 20h, demonstrado cerca de 60 minutos de intervalo entre o pico de chuva e o pico de concentração dos sólidos, que chegou a aproximadamente 1565mg/L. Os valores de sólidos foram diminuindo com a redução da precipitação. A variação dos resultados pode estar relacionada ao aumento do arraste de sedimentos pela erosão hídrica em decorrência do aumento da precipitação, como estudo apresentado por Basse, Moreira e Pizzato (2012).

Em outro evento de chuva, foi analisada a resposta da concentração de sólidos suspensos em relação à precipitação, no Rio Papudos e no Córrego da Cachoeira (Figura 25). O evento teve início no dia 07/03/2021 às 01h e durou até às 00h do dia 08/03/2021, com volume total de 32,6mm, sendo a intensidade máxima de 9,2 mm/h, classificada como precipitação moderada (FIGUEIREDO et al., 2016).

A fim de caracterizar as condições locais antes do monitoramento, na tabela 10, encontram-se os valores de precipitação dos dias anteriores, o que permitiu observar chuvas fracas (FIGUEIREDO et al., 2016) antes das coletas, sugerindo baixa interferência no evento analisado.

**Tabela 10:** Precipitação dos dias anteriores ao evento.

<b>Data Medição</b>	<b>Precipitação diária (mm)</b>
02/03/2021	0
03/03/2021	0
04/03/2021	0
05/03/2021	0,2
06/03/2021	0,2



**Figura 25:** Concentração de sólidos suspensos totais (mg/L) durante evento de precipitação.

A primeira coleta foi feita às 09h, no Córrego da Cachoeira, e às 10h, no Rio Papudos, com intervalos de uma hora entre as coletas até às 15h. No horário de 12h, não foi feita coleta no Rio Papudos em razão da dificuldade de locomoção.

Foi possível perceber o aumento na concentração de sólidos ao longo do evento, com os maiores valores apresentados pelo Rio Papudos. O pico na concentração de SST ocorreu primeiro, no Córrego da Cachoeira, às 14h e o pico da precipitação às 01h, demonstrando cerca de 13 horas de intervalo entre o pico de chuva e o pico de concentração dos sólidos, que chegou a aproximadamente com 7,93mg/L. No Rio Papudos, o pico ocorreu às 15h e o pico da precipitação, também, às 01h, demonstrando cerca de 14 horas de intervalo entre o pico de chuva e o pico de concentração dos sólidos, que chegou a aproximadamente com 12,98mg/L.

O pico de concentração de SST, no Rio Papudos, ocorreu depois do pico do Córrego da Cachoeira, além de apresentar maiores concentrações de SST durante o evento em comparação com o Córrego da Cachoeira. Essa diferença na concentração de SST e nos momentos de pico pode estar relacionada com diferentes características físicas e condições ambientais de cada microbacia.

As duas microbacias foram caracterizadas com relevo fortemente ondulado, indicando a propensão ao escoamento superficial e a produção de sedimentos. Elesbon et al. (2011), Duarte et al. (2007) e Tonello et al. (2006) relacionam a declividade com a infiltração de água no solo, em que bacias com declives acentuados, reduzem a oportunidade de infiltração por apresentarem uma maior velocidade no escoamento, aumentando a suscetibilidade aos processos erosivos e às enchentes.

A microbacia do Rio Papudos possui cerca de 2230 hectares, apresentando uma área 3,5 vezes maior que a microbacia Córrego da Cachoeira, com cerca de 630 hectares. Além disso, a microbacia do Rio Papudos tem formato alongado onde seus afluentes desaguardo no rio principal em diferentes pontos e a área de captação da água da chuva é maior. Essa característica pode ter contribuído para a maior concentração de sólidos, já que sofreu interferência de mais afluentes, bem como, uma maior área de influência (CABRAL et al. 2009).

Na microbacia do Rio Papudos, o tempo de concentração ( $T_c$ ) é maior, ou seja, o tempo necessário, para que toda área da microbacia contribua para o escoamento superficial, em um evento de precipitação, é maior que na microbacia do Córrego da Cachoeira. Ainda assim, mesmo o Córrego da Cachoeira sofrendo a influência de toda a sua área no escoamento

superficial antes do Rio Papudos, apresentou menores concentrações de SST durante todo o evento. Esse parâmetro pode ser aplicado para monitoramento hidrológico e gestão dos recursos hídricos contra inundações (MOTA, 2012; SILVEIRA, 2016).

As microbacias apresentaram boa capacidade de infiltração de água no solo. Os resultados apontam que menos de 15% do total precipitado contribuem no escoamento superficial, em ambas as microbacias. Na determinação do coeficiente de escoamento superficial, os maiores pesos estão ligados às classes de pastagem e rocha e solo exposto. Como a microbacia do Rio Papudos apresentou em maiores áreas essas classes, o coeficiente de escoamento superficial para essa microbacia indicou valor de ordem 3 vezes superior quando comparado com a microbacia do Córrego da Cachoeira. Então, mesmo com boas condições de infiltração, a microbacia do Rio Papudos apresentou maior suscetibilidade ao escoamento, o que, possivelmente, contribuiu para as maiores concentrações de SST encontrados nessa microbacia.

A diferença na concentração de sólidos, entre os dois locais amostrados, pode indicar a influência da cobertura vegetal na atenuação da produção de sedimentos. As respostas hidrológicas estão intimamente ligadas ao uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas, sendo de extrema importância a vegetação nativa e a cobertura do solo para a redução do escoamento e transporte de sedimentos (PALÁCIO et al., 2012, SOUSA et al., 2016), devido ao processo de interceptação da chuva pelo dossel e pela serrapilheira (ALBUQUERQUE et al., 2002; MARTINS et al., 2003; RODRIGUES, 2009).

A microbacia do Córrego da Cachoeira, com 99,4% do seu território com cobertura florestal e apenas 0,6% de pastagens, indica melhores condições de infiltração de água no solo e redução da velocidade do escoamento superficial. Santos, Griebeler e Oliveira (2010) e Dechen et al. (2015) destacam que solos com cobertura vegetal, além de aumentar a sua permeabilidade, são barreiras físicas capazes de amortecer e dissipar a energia erosiva das gotas de chuva, reduzindo o impacto e conseqüentemente, a desagregação do solo, controlando o escoamento e a produção de sedimentos.

Já a microbacia do Rio Papudos apresentou 77% de florestas e 21% de pastagens, o que lhe confere maior propensão a processos erosivos. Isso contribuiu para os resultados analisados, em que a microbacia do Rio Papudos apresentou maiores concentrações de sedimentos na água ao longo do evento de precipitação. Souza e Gastaldini (2014), corroborando com os resultados obtidos, observaram que a concentração de SST foi mais elevada em áreas rurais, com agricultura próximo ao leito dos rios, e em áreas desmatadas. Palácio et al. (2012) ao compararem a produção de sedimentos, em dois anos seguidos, observaram que, para o primeiro ano, área com vegetação nativa, os resultados seguiram uma uniformidade. No ano seguinte, com efeito da retirada da vegetação, a produção de sedimentos teve diferentes picos durante o ano, demonstrando um caráter irregular.

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com os dados analisados, a microbacia do Rio Papudos, com 21,2% de pastagem e 1,8% de rocha e solo exposto, apresentou maior suscetibilidade à geração de escoamento superficial, quando comparado com a microbacia do Córrego da Cachoeira. Essa, por sua vez, com sua área composta predominantemente por floresta, apresentou um coeficiente de escoamento superficial de 0,0366, que foi 72% inferior ao obtido para a microbacia do Rio Papudos. A microbacia do Córrego da Cachoeira apresentou um formato mais circular, menor tempo de concentração e vazão máxima, do que em relação à microbacia do Rio Papudos.

A microbacia do Córrego da Cachoeira, considerada área de referência demonstrou que a perda de solos natural para a região é menor do que o estimado atualmente para a microbacia do Rio Papudos, em processo de restauração florestal. Ao considerar a microbacia de referência, a cobertura florestal apresentou o potencial de redução em 94% para produção de sedimentos.

Além disso, ao analisar as concentrações mensais de SST, foi possível perceber a forte correlação dos valores encontrados com os eventos de precipitação. As maiores concentrações foram encontradas quando houve precipitação no dia da medição ou nos dias antecedentes.

O comportamento da resposta hidrológica de SST durante o evento de chuva demonstrou que o pico de SST ocorreu primeiro na microbacia do Córrego da Cachoeira. E que a maior produção de sedimento foi apresentada pela microbacia do Rio Papudos, com máxima de 13 mg/L, enquanto a microbacia do Córrego da Cachoeira, obteve menor concentração de sedimentos durante o evento de chuva, com pico de 8 mg/L.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A. W. *et al.* Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 136–141, 2002.

ALMEIDA, J. R.; RESENDE, M. Considerações sobre o manejo de solos rasos desenvolvidos de rochas polípticas no estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuario (Brasil)**, v. 11, p. 19–26, 1985.

ALMEIDA, H. G. S.; ZARONI, M. J.; CLEMENTE, E. P. **Árvore do Conhecimento - Solos Tropicais (Neossolo Litólico)**. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html).

ALMEIDA, I. K. *et al.* Estimativa de Tempo de Concentração em Bacia Hidrográfica. *In*: SIMPÓSICO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Bento Gonçalves - RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013.

ALMEIDA NETO, P. *et al.* Análise dos componentes hídricos em uma bacia urbana experimental. *In*: SIMPOSIO RECURSOS HÍDRICOS CENTRO-OESTE, GOIÂNIA (GO) - ABRH / Acqua Consultoria, 3., 2004. Goiânia - GO. **Anais [...]**. Goiânia: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2004.

ALVES, D. M. **Análise sócio-ambiental da bacia do rio Tambay na cidade de Bayeux – PB/Brasil**. 2010. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

ARAÚJO, B. A. M. de *et al.* Análise do tempo de concentração em função das características fisiográficas em bacias urbanas. *In*: XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011. Fortaleza - CE. **Resumos [...]**. Fortaleza: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2011.

ARCOVA, F. C. S. **Balanco hídrico, características do deflúvio e calibragem de duas microbacias hidrográficas na Serra do Mar, SP**. 1996. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

AZEVEDO, A. O planalto brasileiro e o problema da classificação de suas formas de relevo. **Boletim paulista de geologia**, n. 1, 1948.

BACELLAR, L. D. A. P. O papel das florestas no regime hidrológico de bacias hidrográficas. **Geo.br**, v. 1, p. 1–39, 2005.

BALBINOT, R. *et al.* O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas The forest role in the hydrological cycle at hydrological basins. **Ambiência**, v. 4, n. 1, p. 131–149, 2008.

BARROS, P. L. N. L. de. **A organização da vegetação na paisagem para a conservação da água e do solo em S. Tomé e Príncipe**. 2011. 66 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura Paisagista) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

BARTELS, G. K. **Monitoramento hidrossedimentológico numa bacia hidrográfica do Escudo Sul-Rio-Grandense**. 2015. 87 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

BASSO, L. A.; MOREIRA, L. G. R.; PIZZATO, F. A influência da precipitação na concentração e carga de sólidos em cursos d'água urbanos: o caso do arroio Dilúvio, Porto Alegre-RS. **Geosul**, v. 26, n. 52, p. 145, 2012.

BUENO, L. F.; GALBIATTI, J. A.; BORGES, M. J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde - Conchal - SP. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 742–748, 2005.

CABRAL, J. B. P. *et al.* Concentração de sedimentos em suspensão: Reservatório de Cachoeira Dourada – GO/MG, Brasil. **Mercator**, v. 8, n. 16, p. 233–253, 2009.

CÂMARA, C. D. **Efeitos do corte raso do eucalipto sobre o balanço hídrico e a ciclagem de nutrientes em uma microbacia experimental**. 2019. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CAMPANA, N.; VARELLA, R. Simulação matemática do processo de transformação de chuva em vazão: estudo do modelo TOPMODEL. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 4, p. 121–139, 2000.

CARAM, R. de O. **Mudanças no uso e cobertura do solo e resposta hidrológica da bacia do rio Piracicaba**. 2011. 140 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CARDOSO, C. A. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 241–248, 2006.

CARDOSO, T. O. **Determinação do coeficiente de escoamento (C) em microbacias hidrográficas, a partir da análise de eventos de precipitação e vazão**. 2018. 49 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Universidade Estadual de Campinas, Limeira.

CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimentologia prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. 599p.

CASTRO, C.; MENDONÇA, A. Impactos de Ações Antrópicas em Bacias de Manancial Rurais de Montanha Sobre Parâmetros de Qualidade de Água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 9, n. 1, p. 17–26, 2004.

CEIVAP - Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. **Plano Municipal de Saneamento Básico e Inserção Regional: Município Rio Claro-RJ**. 2014. Disponível em: <https://ceivap.org.br/saneamento/pmsb-fluminenses/pmsb-rio-claro.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2021.

CHAVES, H. M. L.; PIAU, L. P. Efeito da variabilidade da precipitação pluvial e do uso e manejo do solo sobre o escoamento superficial e o aporte de sedimento de uma bacia hidrográfica do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 333–343, fev. 2008.

CHILES, C. R. **Geração de escoamento direto em microbacias hidrográficas com coberturas florestais na região subtropical**. 2019. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CLIMATE-DATA. Tipologia climática do distrito de Lídice no município de Rio claro-RJ. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-de-janeiro/lidice-316190/>. Acesso em: 22 jun. 2021.

COELHO, R. C.; BUFFON, I.; GUERRA, T. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água: um método para avaliar a importância da zona ripária. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 6, n. 1, p. 104–117, 2011.

DAVIS, E. G.; NAGHETTINI, M. C. Estudo de chuvas intensas no estado do Rio De Janeiro. **CPRM**, p. 138, 2000.

DECHEN, S. C. F. *et al.* Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. **Bragantia**, v. 74, n. 2, p. 224–233, 2015.

DUARTE, C. C. *et al.* Análise fisiográfica da bacia hidrográfica do rio Tapacurá- Pe. **Revista de Geografia**, v. 24, n. 2, p. 50–64, 2007.

ELESBON, A. A. A. *et al.* Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Braço Norte do Rio São Mateus - Brasil. **Revista Escola de Minas**, v. 64, n. 3, p. 281–288, 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Revista e Ampliada, 2018. 356p.

FAO. **Metodologia provisional para evaluation de la degradacion de los suelos**. Roma: FAO/PNUMA: UNEP: UNESCO. 1980

FARIAS, T. R. L. **Produção de sedimentos em bacias hidrográficas sob diferentes contextos geoambientais: medida e modelagem**. 2008. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

FERNANDES, M. M. *et al.* Influência Do Uso Do Solo Na Qualidade De Água Da Microbacia Glória, Macaé – Rj. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 105–116, 2011.

FIGUEIREDO, J. B. A. *et al.* Climatologia no entorno da Central Nuclear de Angra dos Reis, RJ. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 3, p. 298–310, 2016.

FILL, H. D. *et al.* Balanço hídrico da bacia do Rio Barigüi, PR. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 9, n. 9, p. 59–67, 2005.

FISTAROL, P. H. B.; BRANDOLFF, R. de S.; SANTOS, J. Y. G. dos. Análise Fisiográfica da Bacia do Rio de Ondas – BA. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 17., 2015, João Pessoa.

FRAGA, M. S. *et al.* Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. **Nativa**, v. 2, n. 4, p. 114–118, 2014.

FRANCO, E. J. **Dimensionamento de bacias de retenção das águas pluviais com base no método racional**. 2004. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

GAROTTI, L. M.; BARBASSA, A. P. Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 15, n. 1, p. 19–28, 2010.

GOMES, C. R. *et al.* Influência Das Mudanças No Uso E Ocupação Do Solo No Comportamento Hidrológico Da Bacia Do Rio Muricizal. *In*: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2005, Campo Grande – MS.

GUADAGNIN, J. C. *et al.* Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 277–286, abr. 2005.

GUANDIQUE, M. E. G.; MORAIS, L. C. Estudo de variáveis hidrológicas e do balanço hídrico em bacias hidrográficas. *In*: POMPÊO *et al.* (orgs.). **Ecologia de reservatórios e interfaces**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2015. cap. 29. p. 434–447.

HOEPFNER, A. C. **Estudo comparativo entre vazões de pico estimadas pelo método racional e pelo método do SCS para a bacia hidrográfica do rio Bom Retiro em Joinville-SC**. 2007. 57 f. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

HONDA, E. A.; DURIGAN, G. A restauração de ecossistemas e a produção de água. **Hoehnea**, v. 44, n. 3, p. 315–327, 2017.

HORTON, R. E. Drainage-basin characteristics. **Transactions, American Geophysical Union**, v. 13, n. 1, p. 350, 1932.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Revista e Ampliada, 2012. 274p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico para o município de Rio Claro, Rio de Janeiro**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/rio-claro.html>. Acesso em: 08 jul. 2021.

LIMA, W. de P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2. ed. Piracicaba. 2008. 245p.

LIMA, J. E. F. W. **Modelagem numérica do fluxo da água no solo e do escoamento de base em uma bacia experimental em área agrícola no Cerrado**. 2010. 312 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de Brasília, Brasília.

MACHADO, R. E. . **Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento**. 2002. 152 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MACHADO, R. E.; VETTORAZZI, C. A. Simulação da produção de sedimentos para a microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 735–741, 2003.



MANSUR, H.; GUIMARÃES, J.; KLEMSZ, C. **Estudo de viabilidade de implantação do programa PRO-PSA na região hidrográfica do Guandu - Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: The Nature Conservancy - TNC, Instituto Terra de Preservação Ambiental - ITPA, Conservação Internacional - CI, v.66, 2013. Disponível em: [http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter\\_digat\\_geget/documents/document/zwe\\_w/mtew/~edisp/inea0110840.pdf](http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter_digat_geget/documents/document/zwe_w/mtew/~edisp/inea0110840.pdf). Acesso em: 08 jul. 2021.

MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 171–181, 2015.

MARTINS, S. G. *et al.* Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 395–403, jun. 2003.

MENEZES, J. P. C. *et al.* Morfometria e evolução do uso do solo e da vazão de máxima em uma microbacia urbana. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 4, 2014.

MENEZES, P. H. B. J. **Avaliação do efeito das ações antrópicas no processo de escoamento superficial e assoreamento na Bacia do Lago Paranoá**. 2010. 117 f. Dissertação. (Mestrado em Geociências Aplicadas) - Universidade de Brasília, Brasília.

MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H.; MAGNAGO, P. F. Análise qualitativa e quantitativa da histerese entre vazão e concentração de sedimentos durante eventos hidrológicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 12, p. 1306–1313, 2011.

MOTA, A. A. **Tempo de concentração em pequena bacia experimental**. 2012. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

NUNES, F. G.; FIORI, A. P. Análise da impermeabilização dos solos e aumento dos picos de vazão de cheias em bacias hidrográficas urbanas. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 62–63, p. 47–60, 2008.

PALÁCIO, H. A. DE Q. *et al.* Uso da terra e resposta hidrossedimentológica de microbacia no semiárido. **Revista Agro@Mambiente on-Line**, v. 6, n. 3, p. 187, 2012

PAZ, A. R. da. **Hidrologia aplicada**. Caxias do Sul (RS). 2004. 138p.

PEREIRA, M. E. de S. **Utilização do ambiente SIG para a integração de dados e informações geológicas da região de Lídice, Rio Claro – RJ**. 2012. 41 f. Monografia (Graduação em Geologia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PEREIRA, S. B. *et al.* Desprendimento e arraste do solo pelo escoamento superficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 423–429, 2003.

PEREIRA, T. T. C. *et al.* Gênese de latossolos e cambissolos desenvolvidos de rochas pelíticas do grupo Bambuí - Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1283–1295, 2010.

PRUSKI, F. F.; RODRIGUES, L. N.; SILVA, D. D. DA. Modelo hidrológico para estimativa do escoamento superficial em áreas agrícolas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 301–307, 2001.

RODRIGUES, J. O. **O uso da terra e a resposta hidrossedimentológica em pequenas bacias**

**hidrográficas semiáridas**. 2009. 127 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C. **Planilha no ambiente Excel para o cálculo Balanço Hídrico Normal por Thornthwaite-Mather (1955)**, BHnorm v. 5. Departamento de Física e Meteorologia ESALQ-USP, 1999.

SALEMI, L. F. *et al.* Aspectos hidrológicos da recupera o florestal de áreas de preserva o permanente ao longo dos corpos de água. Hydrological aspects of Forest recuperation of permanent preservation areas along water bodies. **Revista do Instituto Florestal**, p. 69–80, 2011.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. DE. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 115–123, 2010.

SANTOS, J. C. N. dos *et al.* Runoff and soil and nutrient losses in semiarid uncultivated fields. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 3, p. 813–820, set. 2011.

SANTOS, L. L. Quantificação do escoamento superficial e erosão do solo em regiões semi-áridas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, n. 1, p. 14, 2009.

SCHNEIDER, R. M. *et al.* Estudo da influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de dois córregos da bacia hidrográfica do rio Pirapó. **Acta Scientiarum - Technology**, v. 33, n. 3, p. 295–303, 2011.

SHINZATO, E. *et al.* Monitoramento da precipitação efetiva em diferentes povoamentos florestais: estudo de caso na Floresta Nacional de Ipanema, Iperó-SP. *In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS SERVIÇOS AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE*, 2., 2009, Taubaté - SP.

SILVA, D. F.; GALVÍNCIO, J. D.; ALMEIDA, H. R. R. C. Variabilidade da qualidade de água na bacia hidrográfica do rio São Francisco e atividades antrópicas relacionadas. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 9, n. 3, p. 1–17, 2010.

SILVA, C. G. DA *et al.* Atributos físicos, químicos e erosão entressulcos sob chuva simulada, em sistemas de plantio direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 144–153, 2005.

SILVA, H. da *et al.* Atributos físicos do solo e escoamento superficial como indicadores de serviços ambientais. *In: PARRON, L. M. E. AL. (Ed.). Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica*. Brasília: Embrapa, 2015. cap. 5. p. 71–83.

SILVA, J. M. A. da. **Modelo hidrológico para o cálculo do balanço hídrico e obtenção do hidrograma de escoamento superficial em bacias hidrográficas: desenvolvimento e aplicação**. 2002. 137 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, P. M. de O. *et al.* Modelagem da hidrógrafa de cheia em uma bacia hidrográfica da região Alto Rio Grande. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 258–265, 2008.

SILVA, R. M. P.; LIMA, J. R.; MENDONÇA, I. F. C. de. Alteração da cobertura vegetal na

Sub-Bacia do Rio Espinharas de 2000 a 2010. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 202–209, 2014.

SILVEIRA, A. Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 1, p. 5–29, 2005.

SILVEIRA, L. **Tempo de concentração em pequena bacia hidrográfica parcialmente urbanizada em Uberlândia - MG**. 2016. 75 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

SOUSA, M. M. M. et al. Influência do manejo da vegetação em microbacias hidrográficas e suas respostas hidrosedimentológicas. **Revista Equador**, v. 5, n. 4, p. 43–55, 2016.

SOUZA, M. M. de; GASTALDINI, M. do C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 263–274, 2014.

TAMBOSI, L. R. *et al.* Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avancados**, v. 29, n. 84, p. 151–162, 2015.

TARQUI, J. L. Z. *et al.* Avaliação do escoamento superficial de águas pluviais em pavimento de blocos de solo-cimento. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 403–410, 2019.

TONELLO, K. C. *et al.* Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. **Revista Árvore**, n. 5, p. 849–857, 2006.

TRANCOSO, R. **Mudanças na cobertura da terra e alterações na resposta hidrológica de bacias hidrográficas na Amazônia**. 2006. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 67–75, 2010.

VALCARCEL, R. **Balço hídrico no ecossistema florestal e sua importância conservacionista na região ocidental dos Andes Venezuelanos**. Curitiba. 1985

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 17, p. 55–64, 2010.

VENANCIO, F. D. V. *et al.* a Crise Hídrica E Sua Contextualização Mundial. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 11, n. 22, p. 1–13, 2015.

VESTENA, L. R. Análise da dinâmica hidrosedimentológica em uma bacia hidrográfica no sul do Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 21, n. 3, p. 413–424, 2009.

VETORRAZZI, C. A. **Avaliação multicritérios, em ambiente SIG, na definição de áreas prioritárias à restauração florestal visando a conservação de recursos hídricos**. 2006. 149 f.. Tese (Doutorado em Engenharia Rural) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

WEILL, M. de A. M. **Estimativa da erosão do solo e a avaliação do seu impacto na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP) através do Índice de Tempo de Vida**. 1999. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.