

**UFRRJ**

**PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO,  
LEVANTAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE SOLOS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Análise da Bacia Hidrográfica do rio Santana, sub-  
bacia do rio Guandu, no município de Miguel  
Pereira-RJ, como contribuição para gestão e  
conservação dos seus recursos hídricos**

**Dilson Duarte Pinto Machado**

**2025**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO**  
**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO,**  
**LEVANTAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE SOLOS**

**ANÁLISE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTANA, SUB-**  
**BACIA DO RIO GUANDU, NO MUNICÍPIO DE MIGUEL PEREIRA-RJ,**  
**COMO CONTRIBUIÇÃO PARA GESTÃO E CONSERVAÇÃO DOS**  
**SEUS RECURSOS HÍDRICOS**

**DILSON DUARTE PINTO MACHADO**

*Sob a Supervisão do Professor Doutor*  
**Gustavo Mota de Sousa**

Trabalho de Conclusão de Curso  
submetido como requisito parcial para  
obtenção do título de **Especialista** em  
Geoprocessamento, Levantamento e  
Interpretação de Solos.

Seropédica, RJ  
Julho de 2025



ESPECIALIZAÇÃO  
Geoprocessamento, levantamento e  
interpretação de solos  
UFRRJ - UFPA - UFV - UFPA



Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M149a Machado, Dilson Duarte Pinto, 1970-  
Análise da Bacia Hidrográfica do rio Santana, sub bacia do rio Guandu, no município de Miguel Pereira RJ, como contribuição para gestão e conservação dos seus recursos hídricos / Dilson Duarte Pinto Machado.  
Rio de Janeiro, 2025.  
81 f.: il.

Orientador: Gustavo Mota de Sousa. Trabalho de conclusão de curso (Especialização). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, 2025.

1. Geoprocessamento. 2. Mata Atlântica. 3. Conservação. 4. Recursos Hídricos. 5. Bacia Hidrográfica. I. de Sousa, Gustavo Mota, 1977-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos III. Título.

**O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.**

É permitida a cópia parcial ou total deste documento, desde que seja citada a fonte.





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO  
DE JANEIRO COORDENADORIA DE  
EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA



ATA Nº 3610/2025 - CEAD (12.28.01.36)

Nº do Protocolo: 23083.040417/2025-02

Seropédica-RJ, 24 de julho de 2025.

### ATA DE DEFESA

Aos quinze dias do mês de julho do ano de dois mil e vinte e cinco, às onze horas e trinta minutos, através de web conferência, instalou-se a banca examinadora de Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, do cursista **Dilson Duarte Pinto Machado** sob a orientação do professor **Gustavo Mota de Sousa**. A banca examinadora foi composta pelos pesquisadores **Luiz Fernando Duarte de Moraes** e **Niriele Bruno Rodrigues**. A defesa do TCC intitulado "**Análise da Bacia Hidrográfica do rio Santana, sub-bacia do rio Guandu, no município de Miguel Pereira- RJ, como contribuição para gestão e conservação dos seus recursos hídricos**", foi iniciada às onze horas e trinta minutos e teve a duração de vinte minutos de apresentação seguida da avaliação pela banca. O cursista, após avaliado pela banca examinadora obteve o resultado:

APROVADO, devendo o cursista proceder a eventual revisão solicitada pelo supervisor e/ou pela banca, e entregar a versão final em até 15 dias à coordenação do Curso.

NÃO APROVADO.

Seropédica, 15 de julho de 2025.

**Luiz Fernando Duarte de Moraes**

Primeiro Examinador

**Niriele Bruno Rodrigues**

Segunda Examinadora

**Gustavo Mota de Sousa**

Presidente

**Dilson Duarte Pinto Machado**

Cursista

(Assinado digitalmente em 24/07/2025 15:03)

GUSTAVO MOTA DE SOUSA  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

*DeGEOIA (11.39.39)*

*Matricula: ###661#0*

(Assinado digitalmente em 25/07/2025 00:46)

DILSON DUARTE PINTO MACHADO  
DISCENTE

*Matricula: 2024#####7*

(Assinado digitalmente em 24/07/2025 14:27)

NIRIELE BRUNO RODRIGUES  
ASSINANTE EXTERNO

*CPF: ###.###.797-##*

(Assinado digitalmente em 24/07/2025 15:40)

LUIZ FERNANDO DUARTE DE MORAES  
ASSINANTE EXTERNO

*CPF: ###.###.058-##*

*Dedico este trabalho à minha esposa Yasmin e aos meus filhos  
Luana e Rafael Jesus (ele, ainda no ventre materno).  
Vocês são a minha inspiração.  
Amo muito vocês!*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por me dar saúde, sabedoria e inteligência para poder me debruçar sobre a ciência explorando-a e descobrindo suas inúmeras possibilidades. Podendo aprender a cada vez mais através da pesquisa e agregar novos conhecimentos a minha formação. Obrigado meu Deus por me permitir esse crescimento profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior CAPES pelo fomento necessário à realização do curso e a Universidade Aberta do Brasil UAB por viabilizar a formação do Consórcio Nacional Unisolos. Unindo profissionais e discentes de todo território nacional com propósito de ampliar a mão de obra especializada e a formação de profissionais altamente qualificados na área do geoprocessamento, levantamento e interpretação de solos para fins ambientais e agrícolas.

Às Coordenações das quatro universidades (UFRRJ-UFMG-UFV-UFRA); aos professores; tutores; e a todo pessoal da equipe técnica que nos prestou apoio durante todo o curso os meus sinceros agradecimentos. Seus esforços rederam frutos e hoje temos os primeiros especialistas formados graças a união e dedicação de todos.

Em especial, à Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lucia Helena Cunha dos Anjos, coordenadora do curso na UFRRJ, pelo carinho e consideração que sempre teve comigo, me incentivando cada vez mais a ampliar meus conhecimentos, e por ter me recebido de braços abertos no curso de especialização. Pode acreditar que suas palavras incentivadoras e receptividade significaram muito para mim e me ajudaram a concluir o curso com êxito. Obrigado Doutora!

Ao meu orientador Prof. Dr. Gustavo Mota de Souza, por toda orientação e paciência. Seus ensinamentos foram fundamentais para a elaboração de uma pesquisa de qualidade. Nossa conversa inicial naquela Semana Nacional de Ciência e Tecnologia na UFRRJ foi muito proveitosa. Foi o início de uma grande parceria. Muito obrigado por aceitar o meu convite para ser meu orientador.

Ao Prof. Dr. Luiz Fernando Duarte de Moraes e a Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Niriele Bruno Rodrigues por terem aceitado participar da minha banca. Suas considerações foram bastante construtivas e serviram de base para os ajustes necessários ao enriquecimento da pesquisa. Me senti muito honrado em tê-los na minha banca de defesa final do trabalho de conclusão de curso.

À minha grande amiga Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Carolina de Souza Ferreira. Sua didática é maravilhosa! Me fez compreender a Linguagem R e a introdução ao Aprendizado de Máquina com facilidade. Muito obrigado por suas explicações e paciência. Pode ter certeza de que o seu jeitinho carinhoso de ensinar nos deixou tranquilos e fez toda a diferença em nosso aprendizado.

E por fim, mas não tão menos importante, a todos os colegas pelas ricas trocas de informações e pelas novas amizades que fiz e que levarei comigo para a vida. Agradeço em especial à colega Cíntia Nunes; à colega Bruninha; à Colega Ariadne e ao colega James Steven. Vocês são incríveis! Adorei ter conhecido vocês!

## RESUMO

Dilson Duarte Pinto Machado. **Análise da Bacia Hidrográfica do rio Santana, sub-bacia do rio Guandu, no município de Miguel Pereira-RJ, como contribuição para gestão e conservação dos seus recursos hídricos.** 2025. 83f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos). Pró-reitoria de Extensão, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

A presente pesquisa analisou a bacia hidrográfica do rio Santana, localizada no estado do Rio de Janeiro abrangendo os municípios de Petrópolis; Paty do Alferes; Miguel Pereira; Vassouras; Engenheiro Paulo de Frontin e Paracambi, pelo lado esquerdo. E pelo lado direito, Duque de Caxias; Nova Iguaçu; Japeri e Seropédica. Com vistas a identificar o seu estado atual de degradação e a partir dos resultados encontrados, recomendar ações de recuperação e conservação. Para tanto, realizou-se um levantamento bibliográfico e documental que contribuiu para se pensar a pesquisa e respaldou a discussão dos resultados. Além de contribuir caracterizando a área de estudo e o município. A produção cartográfica auxiliou na obtenção dos resultados e na espacialização e quantificações dessas informações. Os dados utilizados foram imagens de satélites disponibilizadas gratuitamente nas plataformas do INPE; através do seu Banco de Dados Geomorfológico do Brasil (TOPODATA); Cadastro Ambiental Rural (CAR); Base de Dados Geospaciais do INEA e MapBiomias. O imageamento da área de estudo foi obtido através dos sensores MSI/SENTINEL-2 e do PAN/CBERS-4A, ambos com resolução radiométrica de 8 bits e resolução espacial de 10 metros. Após terem sido levantados os dados necessários, realizou-se o trabalho de campo para a confirmação dos resultados e registros fotográficos. Dessa forma, foi possível fazer inferências e recomendar ações que contribuirão com a restauração e conservação da bacia em tela. Os resultados mostraram que o município de Miguel Pereira-RJ tem dependência hídrica desse rio. O que fica bem claro na sua infraestrutura de armazenamento, sete reservatórios e uma caixa de passagem que juntos são capazes de armazenar 2.320.000 litros de água. O rio Santana também apresenta grande potencial em geração de energia hidrelétrica. Porém, não existe dependência energética do município com o rio. Somente uma parte da energia produzida, por empresas privadas, é injetada na rede elétrica da região. Todo o restante é vendido para algumas unidades das Lojas Americanas na cidade do Rio de Janeiro e da Nossa Drogaria em Duque de Caxias-RJ. Em relação ao estado atual que a bacia se encontra, apesar de haver três Reservas Biológicas (Araras, Vale das Princesas e do Tinguá, de proteção integral) e três APA (Guandu, Santana e Pico da Coragem, de uso sustentável), ainda assim existem pressões que incidem sobre estas áreas, em decorrência dos usos e da ocupação. Embora a bacia ainda apresente uma boa área com cobertura florestal nativa (47,28%) da área total, as áreas ocupadas com pastagem ocupam grande parte da bacia (30,09%). Quando somadas às áreas de mosaico de usos esse percentual ultrapassa o das áreas com vegetação nativa. Chegando a representar mais da metade da bacia (50,07%). Em relação às pressões que incidem sobre este recorte espacial foram detectadas: construções irregulares ao longo do curso do rio e também de alguns de seus afluentes; ausência de mata ciliar; pontos com solapamento e deposição; extração de areia; assoreamento e ausência de cobertura arbórea do terço médio até a foz. Sendo estes dois últimos, os mais recorrentes. Como recomendações para recuperação e conservação da bacia, sugere-se a adoção dos sistemas agroflorestais, os quais tem sua eficácia comprovada na literatura.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento. Mata Atlântica. Conservação. Recursos Hídricos. Bacia Hidrográfica.

## ABSTRACT

Dilson Duarte Pinto Machado. **Analysis of the Santana River Basin, sub-basin of the Guandu River, in the municipality of Miguel Pereira-RJ, as a contribution to the management and conservation of its water resources.** 2025. 83p. Trabalho de Conclusão de Curso (Specialization in Geoprocessing, Soil Survey and Interpretation) Pró-reitoria de Extensão, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

This research analyzed the Santana River basin, located in the state of Rio de Janeiro, covering the municipalities of Petrópolis; Paty do Alferes; Miguel Pereira; Vassouras; Engenheiro Paulo de Frontin and Paracambi, on the left side. And on the right side, Duque de Caxias; Nova Iguaçu and Japeri. In order to identify its current state of degradation and, based on the results found, recommend recovery and conservation actions. To this end, a bibliographic and documentary survey was carried out that contributed to thinking about the research and supported the discussion of the results. In addition to contributing to the characterization of the study area and the municipality. Cartographic production helped to obtain the results and in the spatialization and quantification of this information. The data used were satellite images made available free of charge on the INPE platforms; through its Geomorphometric Database of Brazil (TOPODATA); Rural Environmental Registry (CAR); INEA Geospatial Database and MapBiomias. The imagery of the study area was obtained using the MSI/SENTINEL-2 and PAN/CBERS-4A sensors, both with 8-bit radiometric resolution and 10-meter spatial resolution. After collecting the necessary data, fieldwork was carried out to confirm the results and photographic records. This made it possible to draw inferences and recommend actions that will contribute to the restoration and conservation of the basin in question. The results showed that the municipality of Miguel Pereira-RJ is extremely dependent on this river for water. This is clearly demonstrated by its storage infrastructure, seven reservoirs and a junction box that together are capable of storing 2,320,000 liters of water. The Santana River also has great potential for generating hydroelectric power. However, the municipality is not dependent on the river for energy. Only part of the energy produced by private companies is injected into the region's power grid. The rest is sold to some Lojas Americanas stores in the city of Rio de Janeiro and Nossa Drogaria in Duque de Caxias-RJ. Regarding the current state of the basin, despite there being three Biological Reserves (Araras, Vale das Princesas and Tinguá with full protection) and three APAs (Guandu, Santana and Pico da Coragem with sustainable use), there are still pressures that affect these areas, due to uses and occupation. Although the basin still has a good area with native forest cover (47.28%) of the total area, the areas occupied by pasture occupy a large part of the basin (30.09%). When added to the areas of mosaic of uses, this percentage exceeds that of the areas with native vegetation. It represents more than half of the basin (50.07%). Regarding the pressures that affect this spatial section, the following were detected: irregular constructions along the course of the river and also of some of its tributaries; absence of riparian forest; points with undermining and deposition; sand extraction; silting and absence of tree cover from the middle third to the mouth. The latter two are the most recurrent. As recommendations for the recovery and conservation of the basin, the adoption of agroforestry systems is suggested, which have proven their effectiveness in the literature.

**Keywords:** Geoprocessing. Atlantic Forest. Conservation. Water Resources. Hydrographic Basin.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Esquema representativo de um sistema aberto e sequencial a partir da dinâmica do ciclo hidrológico -----	4
<b>Figura 2:</b> Representação esquemática do ciclo hidrológico planetário -----	7
<b>Figura 3:</b> Representação esquemática do caminho percorrido pela água em uma amostra de área florestada -----	8
<b>Figura 4:</b> Alguns dos benefícios proporcionados pela presença do componente arbóreo no ecossistema-----	9
<b>Figura 5:</b> Estoque médio de carbono orgânico do solo por bioma em 2021 (t/ha) -----	11
<b>Figura 6:</b> Localização das unidades de conservação existentes na bacia hidrográfica do rio Santana -----	18
<b>Figura 7:</b> Representação da diferenciação entre ecossistemas florestais, sistemas agrícolas convencionais e sistemas agroflorestais em relação a sua dinâmica de agregação e perdas de elementos na interação com o meio. -----	26
<b>Figura 8:</b> Crescimento populacional total e êxodo rural no próprio município (2000/2022) -----	30
<b>Figura 9:</b> Temperaturas e precipitações médias anual no município de Miguel Pereira-RJ--	31
<b>Figura 10:</b> Localização da bacia hidrográfica do rio Santana no estado do Rio de Janeiro e entre as regiões hidrográficas fluminenses -----	32
<b>Figura 11:</b> Valores hipsométricos e delimitação com as serras do entorno da bacia hidrográfica do rio Santana -----	33
<b>Figura 12:</b> Bacia hidrográfica do rio Santana apresentando o canal principal e seus afluentes -----	34
<b>Figura 13:</b> Hierarquia de canais da bacia hidrográfica do rio Santana -----	35
<b>Figura 14:</b> Classes de solos presentes na bacia hidrográfica do rio Santana -----	36
<b>Figura 15:</b> Fluxograma dos procedimentos metodológicos da pesquisa. -----	37
<b>Figura 16:</b> Captações e estações de tratamento no rio Santana. -----	42
<b>Figura 17:</b> Localização das Centrais Geradoras hidrelétricas, seus potenciais instalados e seus percentuais de contribuição na geração de energia elétrica em relação ao total produzido ---	44
<b>Figura 18:</b> Distribuição da vegetação nativa e reserva legal pela bacia hidrográfica do rio Santana -----	46
<b>Figura 19:</b> Distribuição das áreas consolidadas e de uso restrito da bacia hidrográfica do rio Santana -----	46
<b>Figura 20:</b> Propriedades cadastradas no (CAR) existentes na bacia; áreas de reserva legal; áreas de vegetação nativa; áreas de uso restrito e áreas de uso consolidado -----	47
<b>Figura 21:</b> Distribuição das áreas de preservação permanente pala bacia hidrográfica do rio Santana -----	48
<b>Figura 22:</b> Distribuição dos usos e da ocupação na bacia hidrográfica do rio Santana -----	51
<b>Figura 23:</b> Ponto “a” (bairro Arcádia-RJ). Ausência de mata ciliar -----	52
<b>Figura 24:</b> Ponto “b” (bairro Santa Branca-RJ). Solapamento e deposição de sedimentos --	53
<b>Figura 25:</b> Ponto “c” (bairro Santa Branca-RJ). Intenso assoreamento e formação de um imenso banco de areia -----	53
<b>Figura 26:</b> Ponto “d” (bairro Mangueiras-RJ). Construções irregulares -----	54

<b>Figura 27:</b> Também no ponto “d” (bairro Mangueiras-RJ). Construções irregulares -----	55
<b>Figura 28:</b> Ponto “e” (bairro Paes Leme). Extensas áreas sem cobertura arbórea ao longo do curso d’água utilizadas como pastagem -----	56
<b>Figura 29:</b> Ponto “f” (Japeri-RJ). Extração de areia no leito do rio Santana -----	57
<b>Figura 30:</b> Ponto “g” (Japeri-RJ). Mais um ponto de assoreamento do rio Santana -----	57
<b>Figura 31:</b> Localização da foz do rio Santana no rio Guandu. Divisa dos municípios de Paracambi, Japeri e Seropédica -----	58
<b>Figura 32:</b> Pressões encontradas no trabalho de campo na bacia hidrográfica do rio Santana	59
<b>Figura 33:</b> Dinâmica de infiltração e retenção de água segundo os tipos de solos existentes na bacia-----	61
<b>Figura 34:</b> Percentuais de infiltração e retenção de água na bacia hidrográfica do rio Santana Miguel Pereira-RJ-----	62
<b>Figura 35:</b> Alguns benefícios gerados a partir da conservação da bacia hidrográfica -----	66

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Recomposição da faixa marginal segundo critérios estabelecidos pelo CAR e de acordo o estabelecido no Art. 61A da Lei 12.651/12 -----	20
<b>Quadro 2:</b> Classificação dos SAF em simples e biodiversos, segundo a variedade de espécies presentes, o número de estratos, a forma de plantio e sua relação com o ecossistema do entorno-----	24
<b>Quadro 3:</b> Caracterização dos SAF em simples e biodiversos, segundo as variáveis: números de espécies, número de estratos, manejo de espécies nativas e exóticas presença de animais e processo de sucessão ecológicas. Além de alguns exemplos de SAF -----	25
<b>Quadro 4:</b> Categorização dos SAF em sistemas, silviagrícola, silvipastoril e agrossilvipastoril de acordo com as possíveis combinações agrícolas e/ou pecuárias-----	25
<b>Quadro 5:</b> Configuração dos sensores utilizados no imageamento da pesquisa -----	39
<b>Quadro 6:</b> Reservatórios e caixa de passagem de água que o abastecem o município de Miguel Pereira-RJ-----	41

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Capacidade de geração de energia elétrica das CGH presentes na bacia hidrográfica do rio Santana-----	43
<b>Tabela 2:</b> Extensão em hectares e percentual de uso das classes analisadas na bacia-----	49
<b>Tabela 3:</b> Classes de solos existentes na bacia; topografia; área que esses solos ocupam em quilômetros quadrados; o percentual de ocorrência; além do tipo de infiltração e retenção --	60

## LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

**ANA** – Agência Nacional de Águas  
**ANEEL** – Agência Nacional de Energia Elétrica  
**APA** – Área de Proteção Ambiental  
**APP** – Área de Preservação Permanente  
**ARP** – Aeronaves Remotamente Pilotadas  
**CAR** – Cadastro Ambiental Rural  
**CEDAE** – Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro  
**CGH** – Central Geradora Hidrelétrica  
**CONAMA** - Conselho Nacional do Meio Ambiente  
**COS** – Carbono Orgânico do Solo  
**CPRM** – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
**CXbd** – Cambissolo Háplico Tb Distrófico  
**EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
**ESA** – *European Space Agency* – Agência Espacial Européia  
**ETA** – Estação de Tratamento de Água  
**GPS** – *Global Positioning System* – Sistema de Posicionamento Global  
**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
**INEA** – Instituto Estadual do Ambiente  
**INPE** – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
**LAd** – Latossolo Amarelo Distrófico  
**LVAd** – Latossolo Vermelho-Amarelo  
**LVd** – Latossolo Vermelho Distrófico  
**MSI** – *Multispectral Imager*  
**ODS** – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável  
**pH** – Potencial Hidrogeniônico  
**PMMP** – Prefeitura Municipal de Miguel Pereira  
**PMSB** – Plano Municipal de Saneamento Básico  
**PVAa** – Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico  
**PVAd** – Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico  
**RCSB** – *Rifte* Continental do Sudeste Brasileiro  
**ReBio** – Reserva Biológica  
**RH** – Regiões Hidrográficas  
**RPA** – *Remotely Piloted Aircraft*  
**SAF** – Sistemas Agroflorestais  
**SE** – Serviços Ecossistêmicos  
**SGB** – Serviço Geológico do Brasil  
**SiBCS** – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos  
**SIG** – Sistema de Informação geográfica  
**SNIS** – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento  
**SNUC** – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza  
**TVR** – Trecho de Vazão Reduzida  
**UC** – Unidade de Conservação da natureza

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 Bacia hidrográfica (ou bacia de drenagem) como um sistema aberto de processo-resposta.....	3
2.2 A importância da cobertura vegetal e arbórea na manutenção da recarga hídrica de uma bacia hidrográfica .....	6
2.3 A importância da conservação da Mata Atlântica e de outros biomas.....	10
2.4 Fatores de formação diferenciados dão origem a diferentes tipos de solos com comportamentos distintos .....	12
2.5 Principais unidades de conservação presentes na bacia do rio Santana e suas legislações .....	13
2.5.1 Reserva Biológica do Tinguá – ReBio Tinguá.....	14
2.5.2 Reserva Biológica Estadual de Araras – ReBio Araras.....	15
2.5.3 Reserva Biológica Vale das Princesas – ReBio Vale das Princesas .....	16
2.5.4 Área de Proteção Ambiental do Guandu – APA Guandu .....	16
2.5.5 Área de Proteção Ambiental do Rio Santana – APA do Rio Santana.....	16
2.5.6 Área de Proteção Ambiental do Pico da Coragem – APA Pico da Coragem.....	17
2.6 Cadastro Ambiental Rural (CAR).....	18
2.7 A contribuição dos SIG na análise da paisagem e no planejamento ambiental .....	20
2.7.1 Sensoriamento remoto.....	22
2.7.2 Sistema de Informação Geográfica .....	22
2.8 Os sistemas agroflorestais SAF como alternativa à restauração de áreas degradadas .....	23
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	29
3.1.1 Breve contextualização sobre o Município de Miguel Pereira-RJ .....	29
3.1.2 Localização e características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Santana.....	31
3.1.3 Hierarquia de canais .....	34
3.2 Metodologia .....	37
3.2.4 Etapas do desenvolvimento da pesquisa .....	38
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	40
4.1 Potencial hídrico: capacidade do rio Santana no abastecimento hídrico do município de Miguel Pereira-RJ.....	40
4.2 Potencial energético: capacidade do rio Santana na geração de energia e comercialização .....	42
4.3 Estado atual da bacia.....	44
4.3.1 Imóveis rurais: reserva legal, vegetação nativa, uso consolidado, uso restrito e APP .....	45
4.3.2 Áreas de Preservação Permanente (APP).....	47
4.3.3 Uso e ocupação.....	49
4.3.4 Pressões encontradas na bacia durante o trabalho de campo .....	51

4.3.5 Dinâmica de infiltração e retenção de água na bacia em função dos tipos de solos encontrados na região.....	59
<b>5. CONCLUSÕES DOS RESULTADOS .....</b>	<b>63</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>65</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>68</b>
<b>8. APÊNDICE .....</b>	<b>77</b>
Apêndice A, quadro 1: .....	77

*“O segredo da vida é o solo, porque do solo dependem as plantas, a água, o clima e a nossa vida. Tudo está interligado. Não existe ser humano sadio se o solo não for sadio.”*

**(Ana Primavesi)**



## 1. INTRODUÇÃO

O município de Miguel Pereira, localizado na região centro-sul do estado do Rio de Janeiro possui grande dependência hídrica do rio Santana. Por ser o rio que atravessa todo o município suas águas são aproveitadas para o abastecimento hídrico da região. Segundo o Instituto Estadual do Ambiente – INEA (2024), a população atendida é estimada em 22.924 habitantes. Sendo a população total do município de 26.582 habitantes (CENSO, 2022).

O rio Santana ainda contribui fornecendo água o município vizinho, Paty do Alferes-RJ. Mesmo captando água do Córrego dos Marmelos e do Ribeirão dos Palmares, ainda assim, necessita da contribuição do rio Santana para suprir a sua demanda hídrica. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2023) e Instituto Água e Saneamento (2024) o rio Santana abastece cerca 86,23% da população de Miguel Pereira, e INEA (2024) aponta que 19.505 habitantes de Paty do Alferes também são beneficiados com suas águas, o que corresponde a 65.85% da sua população total (CENSO, 2022).

No rio Santana também existem quatro centrais geradoras hidrelétricas (CGH): Anzol e Bambu da empresa Primo Energética Ltda; CGH Santana da empresa Rio Power Participações S/A e CGH Santa Branca da empresa Central Geradora Hidrelétrica Santa Branca Ltda. As quatro, em pleno funcionamento e com as suas capacidades totais produzem aproximadamente 5.801 kW de energia. Parte desta energia produzida é injetada no sistema local da Light, e todo restante é vendido para empresas particulares.

O uso e a ocupação do solo desta bacia a descaracterizou em sua cobertura vegetal. Principalmente no que tange à supressão da sua cobertura vegetal arbórea, elemento fundamental para conservação de uma bacia, dos seus ecossistemas e manutenção da sua recarga hídrica. Ressalta-se que essa descaracterização também influencia significativamente no regime pluviométrico local.

Assim como os outros sistemas naturais da Terra, a bacia hidrográfica possui elementos que se interligam e interagem uns com os outros. Dessa forma, uma alteração na cobertura vegetal, por exemplo, pode influenciar negativamente toda a dinâmica existente na bacia. Neste sentido, a presente pesquisa tem como objetivo geral analisar a bacia hidrográfica em questão com vistas à identificar o estado atual no qual ela se encontra. Como objetivos específicos, verificar como estão distribuídos os usos e as ocupações; demonstrar o seu potencial hídrico e recomendar formas de restauração e conservação para esta bacia.

A ocupação nesta bacia ocorre de longa data. Assim, como hipótese, presume-se que existam áreas que se encontram bem degradadas, necessitando realizar a sua recomposição florestal. Como justificativa, tem-se a realidade do município de Miguel Pereira depender diretamente do rio Santana para o seu abastecimento hídrico, dada a sua posição geográfica e o distanciamento de outros grandes mananciais que poderiam servir ao seu abastecimento.

Além disso, existe também o fato da bacia hidrográfica do rio Santana ser a maior sub-bacia do rio Guandu, o qual abastece aproximadamente 9.000.000 de habitantes, somando a cidade do Rio de Janeiro e boa parte de sua região metropolitana. Destaca-se que o rio Guandu é formado a partir da confluência do rio Ribeirão das Lajes e do rio Santana. Este último, dada a sua enorme contribuição hídrica, é considerado o seu principal afluente, contribuindo significativamente em qualidade e quantidade de água (CEDAE, 2024).



A presente pesquisa foi estruturada a partir de levantamentos bibliográficos e de pesquisa documental. A produção cartográfica, visou a quantificação e espacialização das informações produzidas. O trabalho de campo, corroborou confirmando os resultados encontrados. Além de enriquecer a pesquisa com registros fotográficos devidamente georreferenciados.

Por fim, ressalta-se que existem poucos trabalhos acerca desta bacia, o que faz com que o conhecimento produzido e sistematizado sobre esta região facilite o entendimento da sua dinâmica. Ao final do presente trabalho, espera-se contribuir com informações que possam ser utilizadas pelos sujeitos da bacia e também em futuras tomadas de decisão por parte dos órgãos competentes.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A literatura permite uma imersão na visão teóricos que através de seus trabalhos subsidiam o pensar e o fazer da presente pesquisa. Uma vez que pensar se traduz no questionamento, na análise crítica de informações, bem como na busca de respostas para tais questionamentos. Enquanto o fazer é inerente aos métodos e técnicas aplicados que buscam a coleta, a análise e a interpretação de dados com vistas à produção de novos conhecimentos ou a validação dos já existentes.

Dessa forma, a pesquisa está pautada em teóricos de dialogam com temas como: o sistema aberto de processo-resposta de uma bacia hidrográfica; manutenção da cobertura vegetal e arbórea em uma bacia e a sua relação com a recarga hídrica local; conservação da Mata Atlântica e de outros biomas; comportamentos distintos dos solos em face de fatores de formação diferenciados, no que tange a infiltração e retenção de água. Além da realização de uma leitura acerca de como a legislação ambiental brasileira ampara e como estão organizadas as Reservas Biológicas e Áreas de Preservação Permanente existentes na área de estudo; a utilização dos Sistemas de Informação Geográficas (SIG) e do sensoriamento remoto na análise da paisagem e no planejamento ambiental. Os teóricos também subsidiaram as recomendações para restauração e conservação de áreas degradadas, inclusive comprovando sua eficácia através dos artigos que se encontram em anexo.

### 2.1 Bacia hidrográfica (ou bacia de drenagem) como um sistema aberto de processo-resposta

De acordo com Netto (2009) “uma bacia de drenagem é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum num determinado ponto de um canal fluvial”. Christofolletti (1980), conceitua a bacia hidrográfica como sendo “um conjunto de canais de escoamento interrelacionados que formam a bacia de drenagem, definida como a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial”.

A caracterização feita por Borsato; Martoni (2004), indica que uma bacia hidrográfica é “uma área limitada por um divisor de águas, que a separa das bacias adjacentes e que serve de captação natural da água de precipitação através de superfícies vertentes. Convertendo o seu escoamento para um único ponto de saída, o exutório”.

Na definição de Barrella et al., (2000), a bacia hidrográfica se configura como “um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de águas, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando riachos ou infiltram no solo para a formação de nascentes e do lençol freático”.

Na conceituação de Lima; Zakia (2000), as bacias hidrográficas representam “sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno um padrão”.

Como é possível perceber, todas as conceituações de bacias hidrográfica levam a uma ideia de um conjunto de elementos que são interdependentes e que estão interrelacionados. Esta,

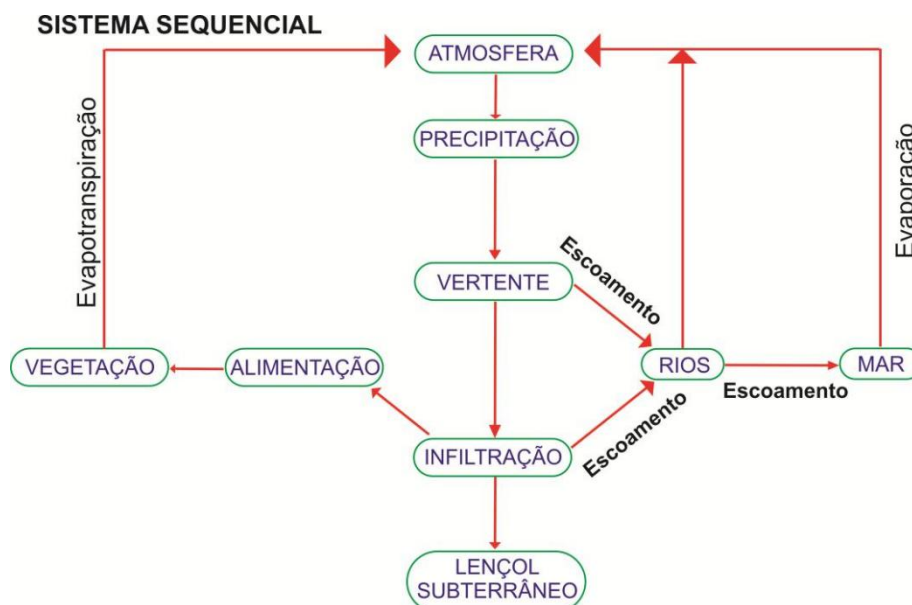
é a premissa básica para a definição de um sistema. No caso, este se apresenta como um sistema natural, mas que é constantemente perturbado e alterado pelas ações antrópicas.

De acordo com Bertalanffy (1973), “um sistema é qualquer organismo formado por partes interligadas e interdependentes”. Christofolletti (1980), afirma que “um sistema pode ser definido como o conjunto dos elementos e das relações entre si e entre os seus atributos”. Para Tricart (1977), “um sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos”. Neste sentido, o autor afirma que o sistema possui propriedades que diferem das propriedades dos elementos que o compõe, como por exemplo, possuir uma dinâmica própria.

Dentre os sistemas existentes no universo, existem os sistemas abertos, fechados e isolados. Os sistemas abertos trocam matéria e energia com o meio. Os sistemas fechados trocam energia com o meio, mas não trocam matéria e os sistemas isolados não trocam nem matéria nem energia.

Através do processo de retroalimentação os sistemas abertos influenciam e são influenciados segundo a dinâmica que ocorre sobre eles. Dessa forma, são considerados sistemas de processo-resposta, onde quaisquer alterações ocorridas em um dos seus elementos afetarão positiva ou negativamente todos os outros elementos que o formam.

Portanto, é possível perceber que em um sistema, o todo é muito maior do que a soma de suas partes. Com os sistemas naturais não é diferente. A natureza se comporta de forma não linear e caótica. Por isso, ao tentar compreender a complexidade dos sistemas naturais, é necessário que se faça uma análise totalizadora. Esta análise deve contemplar o todo, porém, sem negligenciar as especificidades das partes. Ela ocorre através de uma visão organicista que valoriza a interdependência e a interrelação dos elementos. O próprio ciclo hidrológico constitui em si um sistema aberto e sequencial. A (Figura 1) representa um esquema mostrando as formas de interrelação e interdependências de seus elementos.



**Figura 1:** Esquema representativo de um sistema aberto e sequencial a partir da dinâmica do ciclo hidrológico

**Fonte:** Modificado de Christofolletti, (1980)



Semelhante a outros sistemas existentes na Terra, a bacia hidrográfica também possui um conjunto de elementos que operam de maneira sistêmica caracterizando-a como mais um dos sistemas naturais. Isso permite que ela seja analisada como tal. Seus elementos componentes possuem especificidades que lhes são inerentes em face da sua gênese, oriundos de um processo de formação que mantém ao longo de sua existência uma relação de interação e interdependência. Todos os sistemas, inclusive os sistemas naturais, como por exemplo, uma bacia hidrográfica pode ser subdividida em sistemas menores denominados subsistemas para facilitar o entendimento da complexidade do sistema universo, o todo (BERTALANFFY, 1973).

Na visão de Christofolletti (1980), um rio é elemento no sistema hidrográfico. No entanto, ele pode ser concebido como sistema em si mesmo, pois também possui diversos outros sistemas que analisados sob a ótica de uma bacia hidrográfica formam subsistemas que se retroalimentam, e seguem uma lógica sequencial. Como nos mostra o autor,

O sistema climático, calor, umidade e os movimentos atmosféricos; o sistema biogeográfico, representado pela cobertura vegetal e vida animal; o sistema geológico e variação litológica, sobre o qual atuam os processos e o sistema antrópico, representado pela ação humana. (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.10).

Nas bacias hidrográficas ocupadas e conseqüentemente antropizadas tem-se a transformação dos sistemas naturais em sistemas controlados. Por exemplo, quando há intervenção antrópica na construção de uma barragem, modificando o nível de base de um rio ou até mesmo quando ocorre a retirada da cobertura vegetal para a formação de lavouras ou pastagem o homem está alterando significativamente variáveis-chave que influenciarão negativamente a ocorrência e intensidade dos processos dentro do sistema. Neste sentido, a distribuição de matéria e energia pelo sistema será afetada e a retroalimentação estará comprometida.

De fato, as alterações que podem ocorrer são as mais variadas e as repostas dadas pela natureza a essas alterações não acompanham o ritmo dessas mudanças. Principalmente os rios, que figuram na natureza como um dos elementos mais sensíveis às transformações ocorridas no meio natural. Logo, bacias hidrográficas antropizadas reproduzem a curto, médio e longo prazo os efeitos de sua ocupação, os quais na maioria das vezes não são positivos (CHRISTOFOLETTI, 1980).

De fato, os sistemas naturais, mesmos os controlados pelo homem possuem a capacidade de se adaptarem às modificações ocorridas no meio. Este último, com menor resiliência, é claro. Porém, dependendo da pressão exercida sobre esse sistema e do tempo que essa pressão durar sobre ele, pode acontecer dele não conseguir mais se adaptar a um novo nível operacional, levando-o gradativamente a sua extinção.

Dadas as premissas supracitadas, a análise de bacias hidrográficas sob a ótica sistêmica surge como um dos métodos mais indicados para o entendimento das modificações e permanências ocorridas na mesma no espaço e no tempo. Tais sistemas possuem marcas em si, as quais são inevitáveis, dada a carga histórica humana que recai sobre esses ambientes ao longo do tempo.



## 2.2 A importância da cobertura vegetal e arbórea na manutenção da recarga hídrica de uma bacia hidrográfica

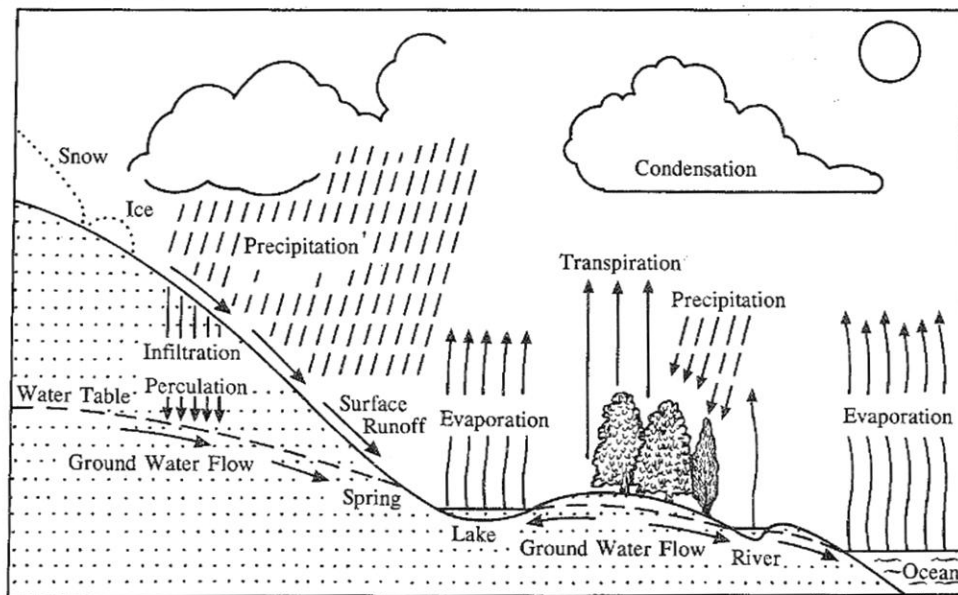
A água está distribuída no planeta no estado sólido, líquido e gasoso. Fatores como latitude, incidência de energia solar, correntes marítimas, correntes de ventos entre outros, controlam temperatura e ditam as direções que essas massas úmidas seguirão, distribuindo-as pelo planeta e influenciando significativamente os padrões climáticos locais. Por certo, a distribuição das chuvas no globo não segue um padrão homogêneo. No entanto, é nessa dinâmica heterogênea que se assenta a manutenção do ciclo hidrológico em seu processo de retroalimentação.

Como nos mostra Silveira (1997), “o ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre”. De acordo com Kobiyama (1999), diversos fatores como a evaporação; a evapotranspiração; condensação; a precipitação; interceptação; a infiltração e a percolação da água como processos, representando os processos verticais e o escoamento superficial e subsuperficial representando os horizontais têm grande influência sobre as bacias hidrográficas, sobretudo o papel desempenhado pela vegetação.

O ciclo hidrológico é descrito por Villela; Mattos (1975), como o resultado de um processo que se inicia com a evaporação das águas dos oceanos que é transportada na forma de vapor através das massas de ar, influenciada por determinadas condições atmosféricas. Nestes processos, o ar é condensado, formando nuvens que por sua vez podem resultar em precipitação sobre a terra de diversas formas. Os autores ressaltam que grande parte dessa água é retida temporariamente no solo, enquanto a outra parte retorna à atmosfera através da evapotranspiração das plantas. Da água que fica no solo, parte escoar sobre a sua superfície contribuindo na recarga hídrica dos rios, parte infiltra superficialmente originando olhos d'água e nascentes e parte infiltra profundamente alimentando o lençol freático.

No sistema Terra, a energia solar age como uma espécie de “motor” que impulsiona toda a sua dinâmica, proporcionando condições para que todos os geossistemas funcionem plenamente. No caso do sistema hidrológico, todos os anos, “cerca de  $5,5 \times 10^5 \text{ km}^3$  de água são evaporados, utilizando 36% de toda a energia solar absorvida pelo planeta, cerca de  $1,4 \times 10^{24}$  joules” (IGBP, 1993).

O sistema de circulação atmosférica, possui dinâmica própria e funciona de modo não linear. A umidade acumulada através da evaporação (superfícies líquidas) e da evapotranspiração (sistema biovegetativo), propicia condições para que a precipitação ocorra “na forma de chuva e neve (entre outros) sobre os mares e superfície terrestre. Em função dos processos de condensação e precipitação, a água evaporada se mantém na atmosfera, em média apenas 10 dias” (TUCCI; CLARKE, 1997). Na (Figura 2) observa-se um esquema dessa dinâmica hidrológica.



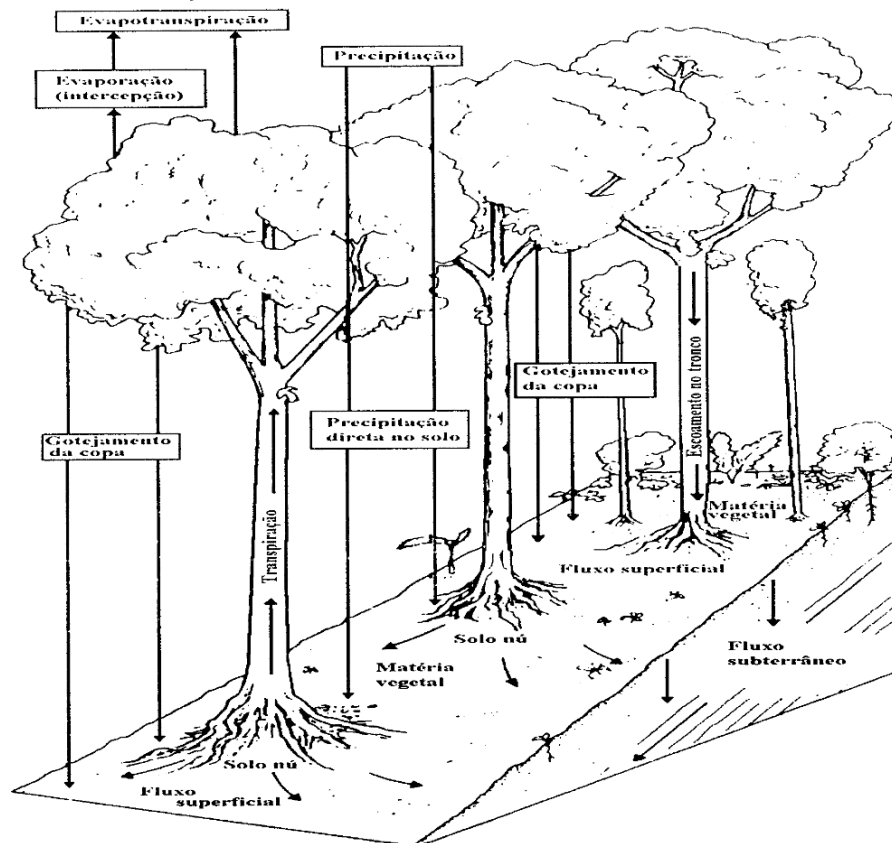
**Figura 2:** Representação esquemática do ciclo hidrológico planetário

**Fonte:** IGBP (1993)

De acordo com Tucci; Clarke (1997), o fluxo hídrico sobre o continente é positivo, ou seja, possui a precipitação maior do que a evaporação. Já o fluxo hídrico vertical dos oceanos se apresenta negativo com a evaporação maior do que a precipitação. Segundo os autores, o volume adicional evaporado dos oceanos se move em direção aos continentes sob a dinâmica atmosférica e posteriormente precipita, fechando assim o ciclo hidrológico. Como reitera o IGBP,

Como média global, foi estimado que apenas cerca de 40% da precipitação que cai sobre os continentes retorna aos oceanos pelo fluxo do rio. A outra parte evapora novamente e cai de volta ao solo mais a favor do vento. Em média, a água importada dos oceanos é reciclada e precipitada 2,7 vezes sobre a terra antes de retornar ao oceano. Cerca de 9% da água que evapora dos oceanos é transportada pela circulação geral global para os continentes. Os processos atmosféricos modulam sua precipitação como chuva ou neve, que abastece a vegetação, os solos e os aquíferos subterrâneos com água. Essa importação de água dos oceanos é crucial para a existência de vegetação na superfície terrestre. Sem esse transporte, a terra gradualmente secaria, exterminando a vida em sua superfície (IGBP, 1993, p.13).

Em uma perspectiva de análise local e mais detalhada, observa-se na (Figura 3) os diversos caminhos que a água percorre dentro da dinâmica do seu ciclo de retroalimentação. Impulsionada pela energia solar e influenciada pela ação da gravidade ela pode: precipitar diretamente no solo, originando um fluxo superficial; infiltrar no solo dando origem a nascentes e olhos d'água, ou ainda; percolar para camadas mais profundas do solo abastecendo o lençol freático; ou ainda ser interceptada pelas folhas das árvores, originando o fluxo de troco ou gotejar diretamente pelas folhas. Fechando o ciclo da retroalimentação, a água retornará novamente para atmosfera, através da evapotranspiração do sistema biovegetativo, e da evaporação, se estivermos considerando as superfícies líquidas do planeta, como rios; mangues; mares; oceanos, etc., até voltar a ser precipitada novamente.

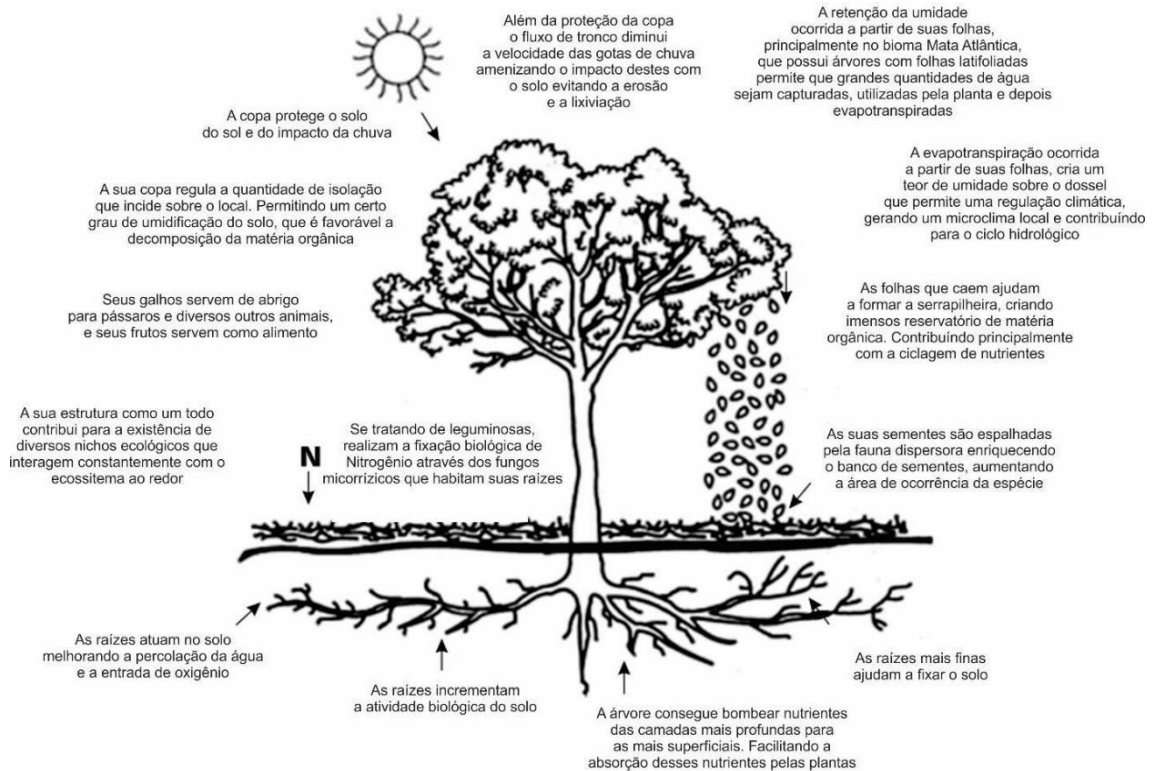


**Figura 3:** Representação esquemática do caminho percorrido pela água em uma amostra de área florestada  
**Fonte:** Bruijnzel (1990).

Destaca-se que o dossel das matas funciona como uma espécie de “esponja”, retendo a umidade das massas húmidas que passam pelo local. Isso tem um papel crucial no balanço energético e no fluxo do volume de água de uma bacia hidrográfica. Através da evapotranspiração, nuvens de chuva vão se formando sobre o dossel das matas e quando precipitam, promovem uma significativa recarga hídrica para os mananciais. Sem a presença da cobertura vegetal e/ou com pouca ou nenhuma cobertura presente, essas massas simplesmente passariam pela área da bacia contribuindo muito pouco na sua recarga.

De acordo com Davide et al., (2000), “a taxa de infiltração de água no solo florestal pode ser de 10 a 15 vezes maior do que em uma pastagem e 40 vezes mais que em solo descoberto. Esta infiltração recarrega os aquíferos subterrâneos e assegura a perenidade das fontes e nascentes”, contribuindo para um melhor fornecimento de água em qualidade e quantidade para dessedentação e para as práticas agrícolas.

De fato, a presença do elemento arbóreo é algo fundamental em qualquer ecossistema, principalmente em um sistema de uma bacia hidrográfica. Analisando apenas um indivíduo, é possível perceber que uma única estrutura é capaz de propiciar uma série de benefícios a todo ecossistema local, como demonstrado na (Figura 4).



**Figura 4:** Alguns dos benefícios proporcionados pela presença do componente arbóreo no ecossistema

**Fonte:** Modificado de Geilfus (1994)

Além de tudo o que foi mencionado, o elemento arbóreo protege o solo de processos de erosão e lixiviação, servindo como escudo aos impactos das gotas de chuva; promove uma regulação térmica e origina um microclima local; cria condições para uma ótima produção de serrapilheira; contribui para a formação de imensos reservatórios de matéria orgânica, etc. As copas das árvores regulam a quantidade de luz solar que penetra, e incide sobre o solo. Conseqüentemente regulam o grau de humidade e propiciam uma decomposição da matéria orgânica e uma ciclagem de nutrientes mais favoráveis.

Com mais matéria orgânica depositada, o nível de atividade biológica no solo é aumentado, promovendo em conjunto um aumento na ciclagem de nutrientes. Isso se traduz em mais matéria e energia circulando pelo sistema, mantendo-o próximo de um ótimo “estável”, originando menos oscilações no sistema solo.

Do ponto de vista radicular, as raízes mais finas ajudam a fixar o solo, evitando que sedimentos sejam carregados para dentro da calha do rio, provocando assim o seu assoreamento. As raízes mais grossas ajudam a bombear água e nutrientes das camadas mais profundas do solo para a superfície, facilitando a absorção desses pelas plantas. No que tange às leguminosas, ainda há a contribuição para a fixação biológica de nitrogênio no solo por associações micorrizas. As raízes também podem corroborar com o aumento de galerias proporcionando o aumento da percolação de água e da entrada de oxigênio no solo.

Do ponto de vista da estrutura da árvore como um todo, a fauna dispersora espalha as suas sementes nas proximidades, ampliando gradativamente a área de ocorrência das espécies. Fato que contribui significativamente com o aumento e a manutenção do banco de sementes local. Além disso, uma única árvore possui diversos nichos ecológicos, os quais interagem constantemente com os ecossistemas do entorno. Essa mesma estrutura também serve como



abrigo e seus frutos como alimentos para pássaros, morcegos e diversos outros animais, que habitam esse ecossistema.

Além das áreas florestadas, as quais exercem papel fundamental na dinâmica da bacia, há também um outro tipo de vegetação que cumpre uma função essencial na mesma. Trata-se da vegetação ripária ou mata de galeria como é comumente chamada. Esse, é um tipo de vegetação que se desenvolve nas margens dos rios e também em suas planícies de inundação sob condições específicas (KOPYAMA, 2003).

Nas considerações expostas por Triquet et al. (1990), os autores afirmam que do “ponto de vista ecológico, as zonas ripárias têm sido consideradas como corredores extremamente importantes para o movimento da fauna ao longo da paisagem, assim como para a dispersão vegetal”. Segundo os autores, razão primordial para se preservar a vegetação ripária. Lima (1989), ressalta que é importante “adicionar a função hidrológica das zonas ripárias na manutenção da integridade da microbacia hidrográfica, representada pela geração do escoamento superficial em microbacias, quantidade e qualidade da água, ciclagem de nutrientes e interação direta com o ecossistema aquático”. O autor ainda complementa afirmando que a rugosidade existente nas margens (vegetação ripária, galhos, troncos, sedimentos depositados, etc.), originam um micro *habitat* propício para a existência de alguns organismos aquáticos. Diante do exposto, é possível perceber que tanto a manutenção das áreas florestadas quanto da floresta ripária são fundamentais na manutenção de diversos ecossistemas presentes em uma bacia hidrográfica.

### 2.3 A importância da conservação da Mata Atlântica e de outros biomas

Um dos graves problemas que assolam os diversos biomas há muito é a fragmentação de seus *habitats*. De fato, a fragmentação da cobertura vegetal, oriunda de intervenções antrópicas, tem ocasionado uma ruptura nos processos ecológicos de forma lenta e gradativa, desencadeando a erosão da biodiversidade. Neste sentido, diversos biomas vêm sofrendo os impactos negativos desse processo.

Com a Mata Atlântica, bioma no qual insere-se o *locus* de estudo da presente pesquisa, não é diferente. De acordo com IBGE (2025), atualmente, ela possui aproximadamente apenas 13% do seu tamanho original. Esse bioma apresenta a maioria de seus remanescentes fragmentados e altamente perturbados. Muitos encontram-se inclusive isolados de suas matrizes originárias. Isso significa uma perda muito grande em termos de biodiversidade e manutenção do banco gênico, uma vez que muitas de suas espécies são endêmicas (VIANA; PINHEIRO, 1998). Reiterando, o MMA/SBF afirmam que,

A fragmentação é a principal ameaça à biodiversidade da Mata Atlântica. Mesmo reduzida e muito fragmentada, estima-se que a Mata Atlântica possua cerca de 20.000 espécies vegetais (algo entre 33% e 36% das espécies existentes no Brasil). Até se comparada com a Floresta Amazônica, a Mata Atlântica apresenta, proporcionalmente ao seu tamanho, maior diversidade biológica. A Mata Atlântica é um *hotspot*, uma área de alta biodiversidade e endemismo e ao mesmo tempo altamente ameaçada de extinção (MMA/SBF, 2010, p.5).

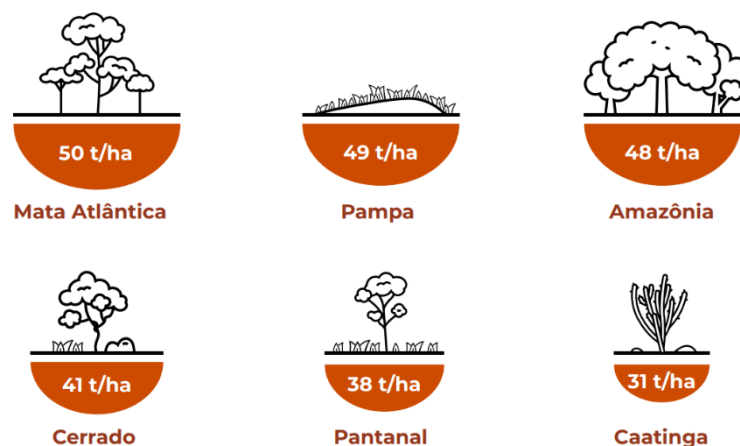
Entende-se por fragmentação, a interrupção abrupta de uma paisagem que antes se encontrava interligada de forma contínua, e que por ações antrópicas se transformou em unidades menores e desconectadas dos seus remanescentes originais do ponto de vista biológico. Essa mesma paisagem que antes formava um todo, hoje se divide em partes menores estruturando mosaicos de manchas, corredores e matrizes.

As manchas são definidas como áreas de aparência homogênea que se distinguem das demais unidades circunvizinhas por apresentarem extensão reduzida e não linear. O corredor é uma unidade da paisagem que também tem aparência homogênea. Porém, diferencia-se das manchas pelo seu arranjo espacial linear e pela capacidade de conectar remanescentes que se encontram isolados. E a matriz, é o conjunto de unidades controladoras da paisagem com características de não-*habitats* de uma comunidade específica ou de uma determinada espécie (METZGER, 2001).

Destaca-se que nesses fragmentos, as áreas abertas configuram-se como barreiras naturais para os animais que possuem capacidade de locomoção reduzida. Neste sentido, a fragmentação da cobertura vegetal influencia diretamente na diminuição da capacidade de dispersão de sementes e colonização de espécies por esses animais, comprometendo a dinâmica da flora local. Essas áreas abertas também aumentam o risco de predação desses animais.

Diante do exposto, além da diminuição da biodiversidade e do banco gênico do ecossistema, a fragmentação de *habitats* influenciará diretamente no regime pluviométrico da região. Com a diminuição da cobertura vegetal, principalmente das árvores mais altas, a quantidade de massas úmidas que poderão ser potencialmente retidas, sua posterior evapotranspiração e conseqüentemente a recarga hídrica local estará negativamente afetada.

Dessa forma, os pesquisadores puderam detectar que os biomas Mata Atlântica e Pampa são os que apresentaram os maiores estoques de Carbono Orgânico do Solo por hectare em comparação aos demais biomas. De acordo com MapBiomias (2023), “Áreas de formação florestal representam diferentes fitofisionomias florestais, o que reduz a média global da classe. De modo geral, os estoques de (COS) tendem a aumentar em áreas de formação florestal e reduzir em áreas de agricultura”. O estoque também é menor no mosaico de usos e nas áreas de pastagem. Como é possível perceber na (Figura 5).



**Figura 5:** Estoque médio de carbono orgânico do solo por bioma em 2021 (t/ha)

**Fonte:** MapBiomias (2023)



Diante de todo esse potencial de retenção de carbono orgânico no solo e do que isso significa para o planeta em termos de segurança ambiental e sistêmica, além de colaborar com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), é primordial a presença em todos os biomas, de áreas de proteção ambiental; unidades de conservação; reservas particulares do patrimônio natural, entre outras que cumprem funções tão importantes ao meio ambiente. Principalmente, quando essas áreas possuem em seu interior ou próxima a elas bacias hidrográficas.

#### **2.4 Fatores de formação diferenciados dão origem a diferentes tipos de solos com comportamentos distintos**

O solo é um sistema trifásico, constituído pelas fases: sólida, líquida e gasosa; aberto; dinâmico, e em contínua evolução. Dessa forma, evolui e se desenvolve constantemente no ambiente onde está inserido. Isto é possível devido a constante interação dos elementos de sua gênese, ou seja, seu material parental, com os fatores pedogenéticos. Em outras palavras, a constante exposição do seu material de origem aos efeitos produzidos por elementos como: o clima; a orientação do relevo; a ação dos organismos (faunas epígea e edáfica) e o tempo geológico transcorrido.

Fatores como pluviosidade e temperatura influenciam significativamente na alteração do regolito, ou seja, o manto de intemperismo da rocha. Neste sentido, umidade e calor produzem um intenso intemperismo que origina novos solos e molda os já existentes, tornando-os cada vez mais desenvolvidos. No entanto, há algumas exceções, pois, alguns solos mesmo estando em zonas tropicais, em função das características de seus atributos não se desenvolvem tanto.

De um modo geral, em zonas tropicais onde calor e umidade são constantes, há intensa intemperização das rochas originando novos solos. Estes, por sua vez, em função dos fatores pedogenéticos podem formar variados tipos de solo, como se observa nas 13 classes catalogadas pelo Sistema Brasileiro de Classificação do Solos (SiBCS). Dessa forma, pode-se perceber que solos com formações diferentes irão se comportar de maneiras distintas em função dos seus atributos constituintes.

Reiterando a narrativa acima, Souza et al. (2024), afirmam que a infiltração e a percolação da água são fundamentais para que a recarga hídrica e/ou escoamento subterrâneo aconteça. Ocorrendo predominantemente através do solo nos ambientes tropicais. Como no cenário brasileiro, o qual possui uma grande variedade de solos, formados a partir de fatores pedogenéticos diversos e que têm comportamentos diferentes por possuírem características físico-hídricas distintas.

Fatores como a textura do solo e a sua estrutura; a cobertura vegetal; a declividade do terreno, bem como a intensidade com que chove no local, etc., podem influenciar consideravelmente tanto a infiltração quanto a retenção de água e conseqüentemente a recarga hídrica da bacia. Ademais, as modificações de origem antrópicas em face do uso e ocupação também tendem a influenciar essa dinâmica. Na maioria das vezes de forma negativa. Vale ressaltar que além das formas de manejo do solo, condições climáticas e a saúde do solo também são fatores que irão contribuir positiva ou negativamente a depender das condições locais encontradas.



Corroborando, Tucci; Clarke (1997), afirmam que “a interface entre solo-vegetação-atmosfera tem uma forte influência no ciclo hidrológico. Associados aos processos naturais, já complexos, existe também a ação humana que age sobre esse sistema natural”, tornando cada vez mais complexa a dinâmica hidrológica em uma bacia hidrográfica.

Nessa dinâmica, percebe-se dois processos principais e que cumprem papéis fundamentais: a infiltração e a retenção de água no solo. Willians et al. (2020) sinalizam que “a rápida infiltração é essencial para reduzir as perdas de água, sedimentos e nutrientes via erosão hídrica. Por outro lado, Armani et al. (2021), afirmam que a água infiltrada no solo fica armazenada (retida) podendo ser posteriormente utilizada pelas culturas. Completando o raciocínio, Singh et al. (2019), reiteram que infiltração e retenção são processos fundamentais para a hidrologia, agricultura e para o manejo de bacias hidrográficas.

Sendo também fundamentais para a manutenção do sistema solo, principalmente quando ele faz parte de uma bacia hidrográfica. A compreensão do comportamento desses dois processos é fundamental para a manutenção e conservação da bacia.

Reiterando Souza et al. (2024), afirmam que compreender o “comportamento físico-hídrico dos solos em uma bacia hidrográfica é fundamental para que a organização de usos e ocupações do solo, que sejam condizentes com as potencialidades e limitações de cada um dos ambientes, mitigando os processos de degradação ambiental”.

## 2.5 Principais unidades de conservação presentes na bacia hidrográfica do rio Santana e suas legislações

A Lei 9.985 de 18 de julho de 2000 regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e dá outras providências. Em seu Art. 7º define que “*as unidades de conservação integrantes do SNUC dividem-se em dois grupos, com características específicas: I - Unidades de Proteção Integral; II - Unidades de Uso Sustentável. § 1º O objetivo básico das Unidades de Proteção Integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta Lei. § 2º O objetivo básico das Unidades de Uso Sustentável é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais*”. As Reservas Biológicas (ReBio) se inserem no grupo de proteção integral. Em relação às unidades de conservação de proteção integral, em seu Art 10º. § 1º; § 2º e § 3º dispõe sobre o seguinte:

[...] *omissis*

Art. 10. A Reserva Biológica tem como objetivo a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais.

§ 1º A Reserva Biológica é de posse e domínio públicos, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites serão desapropriadas, de acordo com o que dispõe a lei.

§ 2º É proibida a visitação pública, exceto aquela com objetivo educacional, de acordo com regulamento específico.

§ 3º A pesquisa científica depende de autorização prévia do órgão responsável pela administração da unidade e está sujeita às condições e restrições por este estabelecidas, bem como àquelas previstas em regulamento.

[...] *omissis*

As Áreas de Proteção Ambiental (APA) se inserem no grupo de uso sustentável. O Art. 15º da Lei 9.985/00; § 1º e § 2º dispõe sobre o seguinte:

[...] *omissis*

Art. 15. Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

§ 1º A Área de Proteção Ambiental é constituída por terras públicas ou privadas.

§ 2º Respeitados os limites constitucionais, podem ser estabelecidas normas e restrições para a utilização de uma propriedade privada localizada em uma Área de Proteção Ambiental.

[...] *omissis*

As APAs são consideradas pelo SNUC como áreas de proteção de uso sustentável. A Lei 9.985/00, na redação do seu artigo 2º, inciso XI, define o que é uso sustentável: é a *“exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável”*.

Na bacia hidrográfica do rio Santana, existem áreas de proteção integral e de uso sustentável. Havendo inclusive sobreposição em algumas delas. Com base no exposto, entende-se que a ocupação e permanência (moradia) de pessoas nessa área é permitida, porém, algumas normas e regras precisam ser respeitadas para que a ocupação e o uso deste recorte espacial seja o menos lesivo possível ao meio ambiente local. As Áreas de Proteção e Reservas Biológicas presentes na região da bacia estão elencadas a seguir.

### 2.5.1 Reserva Biológica do Tinguá – ReBio Tinguá

É uma área de proteção ambiental integral, de âmbito federal, criada com base no Decreto 97.780, de 23 de maio de 1989, Art.1º. *“Fica criada no estado do Rio de Janeiro a Reserva Biológica do Tinguá, como principal objetivo proteger amostra representativa da floresta de encosta atlântica, com sua flora, fauna e demais recursos naturais, em especial os recursos hídricos”*.



Com 26.260 hectares, a relevância da ReBio Tinguá se deve ao fato de além dela abrigar uma amostra significativa de Mata Atlântica, também ser grande produtora de água de boa qualidade e em boa quantidade. Seu interior abriga as nascentes de rios que formam as principais bacias hidrográficas do estado do Rio de Janeiro (MMA, 2016). Como reitera Brasil,

Os limites definidos para a Reserva Biológica do Tinguá abrangeram as nascentes de importantes rios da região e incorporaram em sua área não só os mananciais, como também importantes áreas de florestas, que são fundamentais para manutenção da qualidade de vida da região (BRASIL, 2006, p.2).

A Reserva Biológica do Tinguá abrange seis municípios: *“Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Petrópolis, Miguel Pereira, Queimados e Japeri. Estes dois últimos, não têm área abrangida pelos limites da Rebio, mas estão muito próximos a ela e têm áreas inclusas na Zona de Amortecimento”* (BRASIL, 2006).

### 2.5.2 Reserva Biológica Estadual de Araras – ReBio Araras

É uma área de proteção ambiental integral, de âmbito estadual, criada através da Resolução nº 59 de 07 de julho de 1977. Posteriormente ampliada através do Decreto Estadual nº 42.343 de 10 de março de 2010 e ratificado pelo Decreto Estadual nº 43.488 de 28 de fevereiro de 2012, na redação dos Art. 1º; Art. 2º; Art. 3º, incisos I, II, III, IV e V em sua redação dispõe o seguinte:

Art. 1º Fica ratificada a criação da Reserva Biológica de Araras, unidade de conservação de proteção integral, de domínio público, administrada pelo Instituto Estadual do Ambiente, cuja área era de 2.068,45 hectares, abrangendo terras dos Municípios de Petrópolis e Miguel Pereira.

Art. 2º Fica ampliado o limite territorial da Reserva Biológica de Araras, mediante o acréscimo de sua área em 1.769,37 hectares, totalizando 3.837,82 hectares, conforme definido no memorial descritivo disposto no Anexo I do presente Decreto.

Art. 3º A Reserva Biológica de Araras tem por objetivos:

I - assegurar a preservação dos remanescentes de Mata Atlântica presentes no chamado Corredor da Serra do Mar, no âmbito do Mosaico da Mata Atlântica Central Fluminense;

II - ampliar o potencial de conservação da Região Serrana fluminense, assegurando a perpetuidade dos benefícios ambientais relacionados à diversidade biológica;

III - manter populações de animais e plantas nativas e oferecer refúgio para espécies raras, vulneráveis, endêmicas e ameaçadas de extinção da fauna e flora nativas;

IV - preservar montanhas, rios e demais paisagens notáveis contidas em seus limites;

V - assegurar a continuidade dos serviços ambientais.

[...] *omissis*



### 2.5.3 Reserva Biológica Vale das Princesas – ReBio Vale das Princesas

É uma área de proteção ambiental integral, de âmbito municipal, criada com base no Decreto Municipal nº 3.474 de 10 de março de 2009. Art.1º. *“Fica criada, no âmbito da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, a Reserva Biológica Vale das Princesas com área de 1.015.464,08 m<sup>2</sup>, constante do parcelamento do solo do Loteamento Vale das Princesas, datado de 06/03/1953”.*

Os objetivos da referida reserva biológica estão explícitos em seu Art. 3º *“o objetivo da preservação é integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais”.*

As vedações e restrições são explicitados nos Art. 4º e 5º. Art. 4º *“é proibida a visitação pública, exceto aquela com o objetivo educacional, de acordo com regulamento específico. Art. 5º “a pesquisa científica depende de autorização prévia da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, órgão responsável pela administração da unidade e está sujeita às condições e restrições por este estabelecidas, bem como àquelas previstas no regulamento”.* A competência de gestão é da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Miguel Pereira.

### 2.5.4 Área de Proteção Ambiental do Guandu – APA Guandu

É uma área de proteção ambiental de uso sustentável, de âmbito estadual, criada com base no Decreto Estadual 40.670, de 22 de março de 2007, Art. 1º *“Fica criada a Área de Proteção Ambiental do Rio Guandu (APA Guandu) com a finalidade de proteger a qualidade das águas, nascente e margens do Rio Guandu, bem como os remanescentes florestais situados em seu entorno.”* A competência de gestão é do Instituto Estadual do Ambiente – INEA e do Comitê de Bacias do Guandu. *“Estabelece divisa com os municípios de Nova Iguaçu, Queimados, Japeri, Miguel Pereira, Vassouras, Pirai, Paracambi, Engenheiro Paulo de Frontin e Seropédica.”* Sua área de abrangência é de 74.250 hectares.

A APA Guandu também é bastante relevante, pois protege o principal rio que abastece aproximadamente 9.000.000 de pessoas contando a cidade do Rio de Janeiro e parte de sua região metropolitana, bem como alguns de seus principais afluentes, como por exemplo, o rio Santana. Tendo em vista a sobreposição da APA Guandu e da APA do rio Santana.

### 2.5.5 Área de Proteção Ambiental do Rio Santana – APA do Rio Santana

É uma área de proteção ambiental de uso sustentável, de âmbito municipal, criada a partir da Lei Municipal nº 2.018 de 27 de dezembro de 2004, Art. 1º *“Fica criada a Área de Proteção Ambiental Municipal, na forma definida pelo Art 15º da Lei Federal 9.985/2000, sob a denominação APA do Rio Santana – Miguel Pereira, na região Sudoeste/Norte do Município de Miguel Pereira, estabelecendo divisa com os municípios de Japeri, Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Petrópolis e Paty do Alferes”.*



Os objetivos da criação da APA do rio Santana estão previstos no Art. 2º, incisos I e VII, onde em sua redação dispõe sobre o seguinte: “*A criação da APA de que trata o artigo anterior, tem por objetivo a preservação do conjunto natural e paisagístico local, com ênfase para as necessidades de proteção e preservação do conjunto florestado e na qualidade das águas e mananciais que formam a Bacia do Rio Santana e a sua importância para o conjunto hidrográfico da Bacia do Rio Guandu, e ainda*”:

I- Proteger os recursos naturais considerando-os como essenciais à população local e capaz de promovê-la social e economicamente;

[...] *omissis*

VI- Considerar o território da APA criada nesta Lei como parte de um mosaico de unidades de conservação, configurando-se como Zonas de Amortecimento da Reserva Biológica do Tinguá, integrando atividades de preservação/recuperação da natureza, manutenção/recuperação de ecossistemas e uso sustentável dos recursos naturais.

Atinente à supressão da vegetação e a contaminação por agrotóxicos e outros o Art. 5º da Lei 2018/14, incisos IV e V em suas respectivas redações dispõem o seguinte:

Art. 5º Na Área de Proteção Ambiental do Rio Santana, ficam desde já restritos os seguintes usos e atividades:

[...] *omissis*

IV- O corte de árvores, isoladas ou em grupo, mesmo sob a forma de capoeiras e capoeirões, sem prévia autorização do órgão municipal responsável, e por sua decisão, ouvindo o conselho deliberativo da APA, além dos órgãos competentes nas esferas estadual e federal;

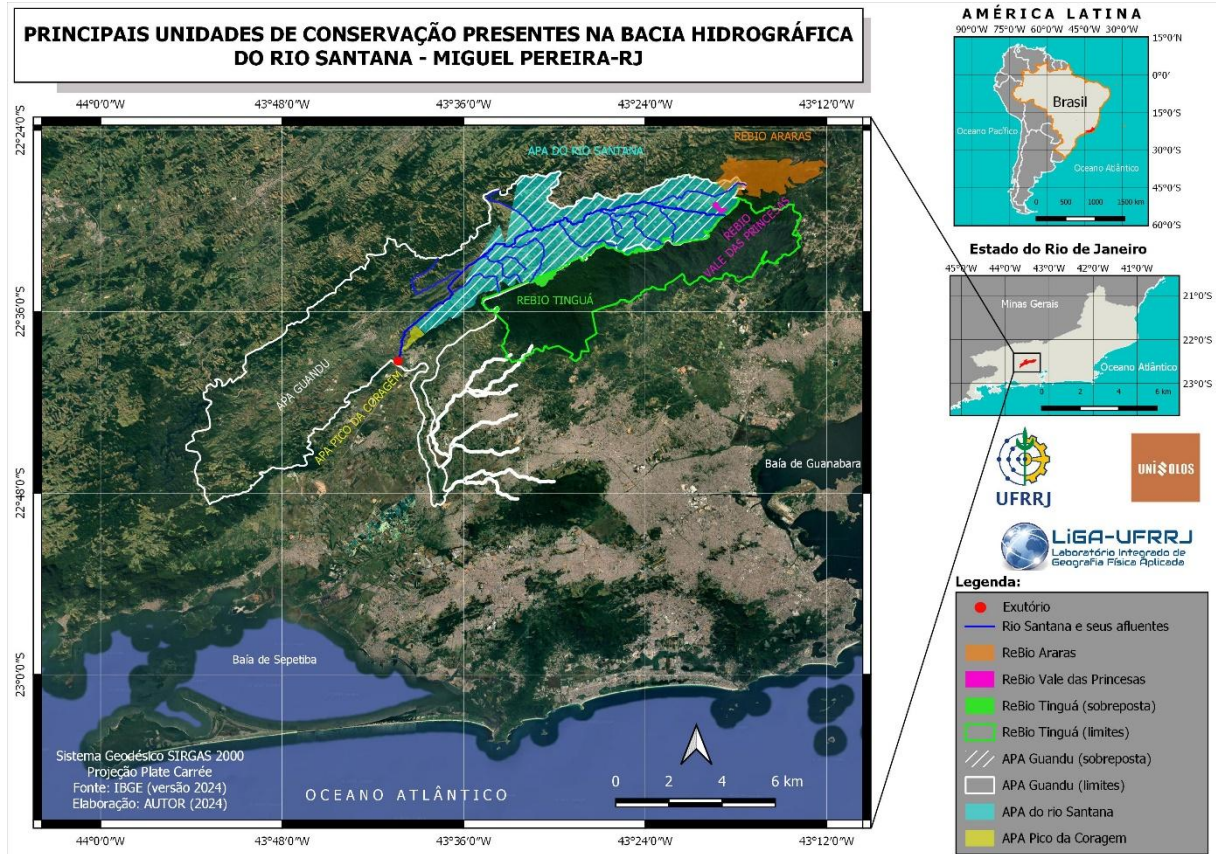
V- O uso de agrotóxicos e outros biocidas e inseticidas organoclorados, relacionados pelo IBAMA, que ofereçam risco de sua utilização, inclusive no que se refere ao seu poder residual.

Em relação ao limite estabelecido como Área de Preservação Permanente – APP do rio Santana, o Art. 8º da Lei 2018/14, em sua redação dispõe sobre o seguinte: “*Considera-se por princípio, passível de regulamentação posterior e compatível com Legislação Federal, como Áreas de Preservação Permanente, as nascentes e olhos d’água em um entorno com raio de 30 metros e áreas lindeiras dos rios, em uma faixa de 30 metros de cada lado do curso d’água*”. Sua extensão territorial compreende 12.764 hectares.

## **2.5.6 Área de Proteção Ambiental do Pico da Coragem – APA Pico da Coragem**

É uma área de proteção ambiental de uso sustentável, de âmbito municipal, criada a partir da Lei Municipal nº 1.222 de 5 de julho de 2011. Possui uma extensão territorial de 449,84 hectares, localizada na região noroeste do município de Japeri-RJ. O objetivo é preservar alguns remanescentes de Mata Atlântica que se encontram em estágio médio-avançado de regeneração.

Convém destacar que o Pico da Coragem drena águas também em direção ao rio Santana, próximo a sua foz. O que denota uma contribuição de água que em seu percurso se somará ao rio Guandu. A (Figura 6) mostra as unidades de conservação presentes na bacia do rio Santana.



**Figura 6:** Localização das unidades de conservação existentes na bacia hidrográfica do rio Santana

## 2.6 Cadastro Ambiental Rural (CAR)

O Decreto nº 7.830 de 17 de outubro de 2012 dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural – CAR e estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. Na redação do seu Art. 3º; incisos I, II, III, IV e V estão explícitas, a sua criação e objetivos:

Art. 3º Fica criado o Sistema de Cadastro Ambiental Rural - SICAR, com os seguintes objetivos:

I - receber, gerenciar e integrar os dados do CAR de todos os entes federativos;

II - cadastrar e controlar as informações dos imóveis rurais, referentes a seu perímetro e localização, aos remanescentes de vegetação nativa, às áreas de interesse social, às áreas de utilidade pública, às Áreas de Preservação Permanente, às Áreas de Uso Restrito, às áreas consolidadas e às Reservas Legais;

III - monitorar a manutenção, a recomposição, a regeneração, a compensação e a supressão da vegetação nativa e da cobertura vegetal nas áreas de Preservação Permanente, de Uso Restrito, e de Reserva Legal, no interior dos imóveis rurais;



IV - promover o planejamento ambiental e econômico do uso do solo e conservação ambiental no território nacional; e

V - disponibilizar informações de natureza pública sobre a regularização ambiental dos imóveis rurais em território nacional, na Internet.

[...] *omissis*

Acerca do conteúdo que deve constar no CAR, o referido Decreto em seu Art. 5º dispõe o seguinte: “*deverá contemplar os dados do proprietário, possuidor rural ou responsável direto pelo imóvel rural, a respectiva planta georreferenciada do perímetro do imóvel, das áreas de interesse social e das áreas de utilidade pública, com a informação da localização dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Preservação Permanente, das Áreas de Uso Restrito, das áreas consolidadas e da localização das Reservas Legais*”.

Em relação às práticas de recomposição das áreas declaradas como reserva legal no ato de adesão ao Cadastro Ambiental Rural, e para as propriedades que possuam área consolidada o Art. 18º; incisos I, II e Parágrafo Único e Art. 19º; incisos I, III e IV e § 1º; § 2º; § 3º; dispõe sobre o seguinte:

Art. 18º. A recomposição das áreas de reserva legal poderá ser realizada mediante o plantio intercalado de espécies nativas e exóticas, em sistema agroflorestal, observados os seguintes parâmetros:

I - o plantio de espécies exóticas deverá ser combinado com as espécies nativas de ocorrência regional; e

II - a área recomposta com espécies exóticas não poderá exceder a cinquenta por cento da área total a ser recuperada.

Parágrafo único. O proprietário ou possuidor de imóvel rural que optar por recompor a reserva legal com utilização do plantio intercalado de espécies exóticas terá direito a sua exploração econômica.

Art. 19. A recomposição das Áreas de Preservação Permanente poderá ser feita, isolada ou conjuntamente, pelos seguintes métodos:

I - condução de regeneração natural de espécies nativas;

II - plantio de espécies nativas;

III- plantio de espécies nativas conjugado com a condução da regeneração natural de espécies nativas; e

IV - plantio intercalado de espécies lenhosas, perenes ou de ciclo longo, exóticas com nativas de ocorrência regional, em até cinquenta por cento da área total a ser recomposta, no caso dos imóveis a que se refere o inciso V do caput do art. 3º da Lei nº 12.651, de 2012.

Em relação às propriedades declaradas no Cadastro Ambiental Rural que possuem área consolidada, mas que também têm a obrigação de recompor a faixa marginal, o (Quadro 1) a seguir demonstra o tamanho da propriedade em módulo fiscal, o tipo de Área de Preservação Permanente e a metragem da faixa marginal a ser recomposta.

Quant. módulos fiscais	Área consolidada em APP	Obrigatoriedade de recomposição da faixa marginal (metros)
Até 1	Ao longo de cursos d'água naturais	Em cinco metros, contados da borda da calha do leito regular, independentemente da largura do curso d'água.
Superior a 1, e de até 2	Ao longo de cursos d'água naturais	Em oito metros, contados da borda da calha do leito regular, independentemente da largura do curso d'água.
Superior a 2, e de até 4	Ao longo de cursos d'água naturais	Em quinze metros, contados da borda da calha do leito regular, independentemente da largura do curso d'água.

**Quadro 1:** Recomposição da faixa marginal segundo critérios estabelecidos pelo CAR e de acordo o estabelecido no Art. 61A da Lei 12.651/12

**Fonte:** Lei 12.651/12. Elaborado pelo Autor (2024)

Diante do que preconiza a legislação ambiental brasileira, pode-se perceber que o produtor que está cadastrado no CAR fica obrigado a declarar a sua área de reserva legal e, se for o caso, recuperá-la da melhor maneira possível. Obedecendo sempre ao critério de utilizar na recomposição da área cinquenta por cento de espécies nativas da região. Logo, o produtor que não atender a essa exigência fica por lei obrigado a cumpri-la.

## 2.7 A contribuição dos SIG na análise da paisagem e no planejamento ambiental

De fato, a natureza se comporta de maneira caótica e não-linear. Desse comportamento e das diversas interações entre o meio surge a heterogeneidade das paisagens. A paisagem é efêmera e está em constante evolução, algumas vezes avançando em seus estágios outras retrocedendo, a depender das pressões exercidas sobre ela. Compreender a paisagem e sua dinâmica é a premissa básica para uma análise espacial e um planejamento ambiental.

Por longos anos tudo o que fosse captado em um olhar era considerado paisagem. Seu cerne se assentava na descrição de lugares, indivíduos da fauna e flora, objetos, etc. No entanto, com o passar do tempo e a necessidade de se compreender as dinâmicas socioambientais, que tanto a influenciam, a paisagem gradativamente foi deixando de ser algo que era apenas retratado nas telas de pintores para passar a integrar o rol das ciências. Em sua multidimensionalidade, ela expressa as marcas deixadas por uma carga histórica humana que se propaga no espaço ao longo do tempo.

Hoje, a paisagem é concebida na visão de teóricos como Rodriguez; Silva; Cavalcanti (2022), como um trinômio que se baseia em aspectos naturais, sociais e culturais. Onde as ações humanas que incidem sobre ela inserem uma dimensão cultural. Dessa forma, haverá uma sucessão de paisagens a medida em que decorrer a sucessão de culturas.

A manifestação concreta dos sujeitos que a produzem, reproduzem e a transformam, sob o viés cultural, mas que em sua grande maioria possuem um viés econômico dominante, é na visão de Berquer (1998), a expressão mais clara de modificação da paisagem. Santos (2006), afirma que o homem surge neste cenário como agente produtor e modificador do espaço. Para o autor, a paisagem que compõe esse espaço configura-se como um conjunto indissociável de objetos e ações, solidário e ao mesmo tempo contraditório.



Como afirma Sauer (1998), a paisagem é uma representação da Terra como um todo, onde o processo de modelagem não pode jamais ser concebido como unicamente físico. O autor defende que ela é uma associação formas distintas, mas essas formas estão intrinsecamente ligadas às formas econômicas e culturais. Portanto, é preciso considerar todos esses aspectos ao analisá-la.

Segundo a visão de Bertrand; Bertrand (2009), a paisagem assume o viés de mediadora entre a sociedade e a natureza. Esse caráter interpretativo da natureza, posteriormente também se torna o caráter interpretativo da sociedade que a produziu, que a transforma e que continuará transformando-a de acordo com as aspirações econômicas, políticas, culturais, sociais, etc.

Da mesma forma, a necessidade incessante de obtenção de recursos naturais, orientada por questões capitalistas, mas sobretudo de sobrevivência, delineiam os contornos naturais do planeta inserindo na paisagem um caráter transitório que dificulta a compreensão da sua dinâmica. Com efeito, ela influencia e é influenciada por esses novo arranjos espaciais que se formam decorrentes de eventos antrópicos, mas também naturais. Não se pode desconsiderar que as mudanças na paisagem não são apenas de ordem antrópica, os eventos naturais também tendem a modificá-la.

De fato, toda essa dinâmica requer uma maior compreensão acerca das relações homem/natureza de maneira integrada. Primando pelos fatores físicos e ecológicos dos sistemas naturais, porém, não negligenciando os fatores sociais, políticos e econômicos, os quais estão intimamente ligados a essa dinâmica de apropriação ambiental (HAINES-YOUNG; GREEN; COUSINS, 1993).

Complementando esta narrativa, Metzger (2001), afirma que a dinâmica natural e o ordenamento territorial são os elementos norteadores que ditam os rumos a serem assumidos por essas paisagens apropriadas. Da mesma forma, esses elementos também nortearão a funcionalidade dos ecossistemas contidos nela em face dos eventos que ali ocorrerem.

De um modo geral, a necessidade de se compreender a dinâmica da paisagem, eventos naturais, atores que a ocupam, obtenção de recursos, etc., é fundamental para a análise espacial e para o planejamento ambiental. É neste contexto que surgem os Sistemas de Informação Geográfica ou apenas SIG, como são mais conhecidos. Assim, é possível saber os rumos que essas paisagens assumirão, bons ou ruins e como os ecossistemas inseridos nela responderão às pressões exercidas sobre eles. Suas raízes, se assentam na necessidade de se obter cada vez mais informações sobre o espaço para poder analisá-lo e planejá-lo ambientalmente (LANG; BLASCHKE, 2009).

Em sua visão totalizadora, Naveh (1995), “designa SIG e Sensoriamento Remoto (SR) como as mais importantes ferramentas holísticas para análise, planejamento e gestão da paisagem, pois são capazes de “fornecer valiosas contribuições no apoio às tarefas e aos projetos de planejamentos cada vez mais complexos”.

Corroborando com a narrativa acima, Lang; Blaschke (2009), reiteram que os SIG são amplamente utilizados nas ciências ecológicas, ambientais e principalmente na proteção ao meio ambiente. Segundo os autores, dentro das potencialidades desses sistemas está a capacidade de “transformar informações genéricas, ou seja, dados brutos em informações úteis e politicamente relevante”. Por meio destes, é possível “explicar e visualizar relações espaciais, representá-las e apresentá-las em forma de mapas, gráficos e tabelas; desenvolver cenários espaciais e avaliar intervenções” entre outros. Além disso, através do cruzamento de



informações testando as diversas possibilidades de mapas desenvolvidos, é possível através de modelagem obter uma variante otimizada. Em outras palavras, se produzir o melhor cenário dentre as possibilidades testadas.

### 2.7.1 Sensoriamento remoto

As informações levantadas por meio de imagens aéreas são essenciais para a obtenção de dados geográficos georreferenciados, os quais podem servir embasando diversos estudos. Essa aquisição de imagens, pode ser realizada de maneira direta através de trabalhos de campo (estação total ou GPS) ou de maneira indireta através de plataformas orbitais e/ou por meio de aeronaves não tripuladas, mais conhecidos como Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) em inglês (*Remoted Pilot Aircraft – RPA*). Os resultados obtidos nesses levantamentos podem facilmente serem analisados em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), formando uma base de dados geográficos, qual permitirá a gestão atualizada dessas informações (ROBERTO, 2013).

Nas considerações feitas por Faria; Rocha; Costa (2019), o sensoriamento remoto consiste em um “conjunto de técnicas destinado à obtenção de informação sobre objetos, sem que haja contato físico com eles. A aquisição de informação sobre um objeto é feita por um sensor, que é um objeto capaz de transformar um tipo de energia, em fonte de informação”. Os autores explicam que esse sistema de varredura de informações terrestres é “composto por três principais complementos: coletor (onde a energia é recebida através de uma lente, espelhos e antenas), em seguida passa pelo Detector (onde a energia é captada), e por fim o processador (onde há a transformação em informação).”

Hoje em dia diferentes escalas de pesquisa são possíveis graças a diversidade de sensores remotos disponíveis no mercado, o que também permite a sua utilização em diversas áreas do conhecimento. Nas diferentes investigações utilizando sensores remotos, a resolução espacial; a resolução espectral; a resolução radiométrica e a resolução temporal devem sempre ser consideradas e escolhidas segundo a objetividade do trabalho, pois são de suma importância para a realização da pesquisa e clareza de informações.

### 2.7.2 Sistema de Informação Geográfica

Os Sistemas de Informação Geográfica ou simplesmente (SIG) como são mais comumente conhecidos, são softwares com grande capacidade de processar imagens levantadas por sensores remotos orbitais ou não, e a partir desse processamento extrair informações de covariáveis para a análise e formação de banco de dados geoespaciais, as quais posteriormente estarão disponíveis para consultas e interpretações. Esses bancos de dados são capazes de armazenar e recuperar com facilidade dos dados geográficos em suas diferentes geometrias, tais como, vetores, grades, imagens., etc. Além das informações descritivas, ou seja, os atributos não-espaciais (CÂMARA; ORTIZ, 1998).

Na definição de Sistemas de Informação Geográfica, Burrough (1986), afirma que o (SIG) é um agrupamento de ferramentas “especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais, geográficas que descrevem objetos do mundo real



em termos de posicionamento, com relação a um sistema de coordenadas, seus atributos não aparentes e das relações topológicas existentes”. O autor ainda sinaliza a viabilidade da utilização dos (SIG) em “estudos relativos ao meio ambiente e recursos naturais, na pesquisa da previsão de determinados fenômenos ou no apoio a decisões de planejamento, considerando a concepção de que os dados armazenados representam um modelo do mundo real”.

Corroborando com a conceituação acima, Aronoff (1989) reitera afirmando que um (SIG) consiste em “um sistema provido de quatro grupos de aptidões para manusear dados georreferenciados: entrada, gerenciamento, manipulação e análise, e saída”. O autor salienta que os dados são georreferenciados e possuem dimensão física e localização espacial.

De fato, os SIG, possuem grande potencialidade e permitem os mais variados tipos de análises. São um aparato fundamental para o levantamento de informações geoespaciais que servirão de base para diversos tipos de estudos, inclusive os ambientais. São muito utilizados na análise e gestão de bacias hidrográficas, pois permitem desenvolver modelos que dão uma visão clara do que está acontecendo, e que podem contribuir nas futuras tomadas de decisão para uma gestão sustentável da bacia.

## 2.8 Os sistemas agroflorestais SAF como alternativa de restauração de áreas degradadas

Tendo em vista o papel fundamental que a cobertura vegetal tem na manutenção e conservação dos ecossistemas; na regulação térmica; na retenção de carbono orgânico no solo; no balanço pluviométrico dos sistemas hídricos, ou seja, no “equilíbrio” da recarga hídrica das bacias hidrográficas, mantendo-as naturalmente com menos oscilações possível, e uma série outros fatores primordiais à manutenção dos sistemas naturais, urge a necessidade de se pensar formas de compatibilizar a produção agropecuária com a conservação ambiental, uma vez que a subsistência das sociedades está diretamente ligada aos seus sistemas produtivos. Nesse sentido, é necessário se pensar modelos produtivos que tenham um menor impacto negativo ao meio ambiente e que primem pelas questões de ordem ecológicas, mas que não negligenciem as de ordem econômica e social. Nessa conjuntura, surgem os sistemas agroflorestais, ou SAF, como são popularmente conhecidos. Vale ressaltar que a principal característica de um SAF é a presença do elemento arbóreo. Atrrelados a ele, surge uma série de benefícios aos ecossistemas como já mencionado anteriormente.

Os SAF são caracterizados por Engel (1999), como sistemas de produção agropecuário que se diferencia do convencional por possuir no seu desenho componentes arbóreos e lenhosos que cumprem um papel fundamental na construção de sua estrutura e de suas funções. Possui componentes que interagem entre si; seus *inputs* e *outputs*; seu limiar de estabilidade; hierarquia e dinâmica própria.

Como explica Dubois (2008), são “sistemas de uso da terra, nos quais, espécies perenes lenhosas (árvores, arbustos, palmeiras e bambus) são intencionalmente utilizadas e manejadas em associação com cultivos agrícolas e/ou animais”. Para o autor, esses sistemas produtivos pautam-se em um conjunto de práticas conservacionistas que visa compatibilizar a produção agropecuário com a conservação ambiental.

Com base na visão de Holffmann (2013), o autor afirma que são formas de uso da terra que visam o desenvolvimento sustentável e a adequação ambiental. Sendo capazes de promover a segurança e a soberania alimentar. Além de melhorarem o bem-estar social e a conservação

dos recursos naturais. Para o autor, um aumento da área conservada pelo SAF se traduz em maior manutenção da biodiversidade local; melhor integridade das bacias hidrográficas; melhorias no sistema pluviométrico, contribuindo para uma melhor recarga hídrica local; melhor produção de água em qualidade e quantidade; melhor regulação térmica, entre outros.

De acordo com Santos (2017), os sistemas agroflorestais se classificam como simples ou biodiversos, segundo variáveis como: números de espécies; número de estratos; manejo de espécies nativas e exóticas; presença de animais e processo de sucessão ecológica. Já as possíveis combinações agrícolas e/ou pecuárias esboçam a sua caracterizam em silviagrícola, silvipastoril e agrossilvipastoril (DUBOIS, 2008). (Quadros 2, 3 e 4).

SAF Simples	SAF Biodiversos
<p>Consiste em sistemas agroflorestais que utilizam baixa variedade de espécies (&lt;5 espécies) e com a predominância de, no máximo, 3 estratos de altura (dominante, intermediário e cobertura viva). Geralmente as culturas são plantadas em faixas ou em linhas permanecendo o mesmo consórcio de plantas ao longo do tempo, visando otimizar o processo produtivo e a geração de receitas, podendo ser silviagrícola, silvipastoril ou agrossilvipastoril.</p>	<p>Também denominado sucessional ou complexo - consiste em sistemas agroflorestais com alta diversidade de espécies (&gt;5 espécies), baseado no ecossistema local, com aproveitamento e utilização de espécies nativas locais e/ou espécies exóticas similares em sua função ecológica, com dinâmica de manejo (sucessional) e produção escalonada ao longo do tempo. Trata-se de um sistema mais complexo e exigente em manejo e mão de obra visando criar abundância no sistema e otimização da produção agroflorestal.</p>

**Quadro 2:** Classificação dos SAF em simples e biodiversos, segundo a variedade de espécies presentes, o número de estratos, a forma de plantio e sua relação com o ecossistema do entorno

**Fonte:** Santos (2017)

Variáveis	SAF Simples	SAF Biodiversos
<b>Nº de espécies</b>	Baixo número de espécies (<5)	Alto número de espécies (>5)
<b>Nº de estratos</b>	Até 3 estratos (dominante, intermediário e cobertura viva)	Multiestratificado (>3 estratos, geralmente dividido em rasteiro, baixo, médio, alto e emergente ou em pioneiras, secundárias I, secundárias III e primárias.
<b>Manejo de espécies nativas e exóticas</b>	Pode ou não utilizar espécies nativas e geralmente as culturas são plantadas em faixas ou linhas.	Baseado no ecossistema local, aproveitando e utilizando espécies nativas do local e/ou espécies exótica similares em sua função ecológica.
<b>Presença de animais</b>	Pode ou não ter a presença de animais (sistema silvipastoril ou agrossilvipastoril)	Pode ou não ter a presença de animais (sistema agrossilvipastoril diversificado)
<b>Baseado no processo de sucessão ecológica</b>	Não se baseia no ecossistema e na sucessão natural do local.	Utiliza a sucessão ecológica do local ao longo do tempo como princípio, associada à dinâmica de manejo (sucessional) e produção escalonada ao longo do tempo.
<b>Exemplos</b>	<b>Consórcios simplificados:</b> Cafezais sombreados com espécies arbóreas, como o ingá, a gliricídia, erytrina, além de outras leguminosas ou frutíferas como o abacate; Cacau sombreado com erytrina e outras leguminosas ou com espécies comerciais como a seringueira; Eucalipto com milho/soja; Pastos sombreados por 1 ou 2 sp (albizia, eucalipto, araucária); gado com eucalipto e milho; Milho/feijão e uma espécie de árvore etc.	<b>Consórcios diversificados:</b> Cabruças (cacau sombreado por espécies da Mata Atlântica); Bananais sombreados das comunidades caiçaras e quilombolas; Consórcios tradicionais araucária/erva-mate; Cafezais biodiversos da Zona da Mata; Agroflorestas sucessionais; Sistemas agroflorestais complexos; Agrofloresta multiestrata; Quintais biodiversos com galinhas entre outros.

**Quadro 3:** Caracterização dos SAF em simples e biodiversos, segundo as variáveis: números de espécies, número de estratos, manejo de espécies nativas e exóticas presença de animais e processo de sucessão ecológicas. Além de alguns exemplos de SAF

**Fonte:** Santos (2017)

Categoria do SAF	Descrição do SAF
<b>Sistemas silviagrícola:</b>	São caracterizados pela combinação de árvores, arbustos ou palmeiras com espécies agrícolas, por exemplo: o consórcio café-ingá-louro pardo ou pupunha-cupuaçu-castanheira.
<b>Sistemas silvipastoril:</b>	São caracterizados pela combinação de árvores, arbustos ou palmeiras com plantas forrageiras herbáceas e animais.
<b>Sistemas agrossilvipastoril:</b>	São caracterizados pela criação e manejo de animais em consórcios silviagrícolas, por exemplo: criação de porcos em agroflorestas ou, ainda: um quintal com frutíferas, hortaliças e galinhas.

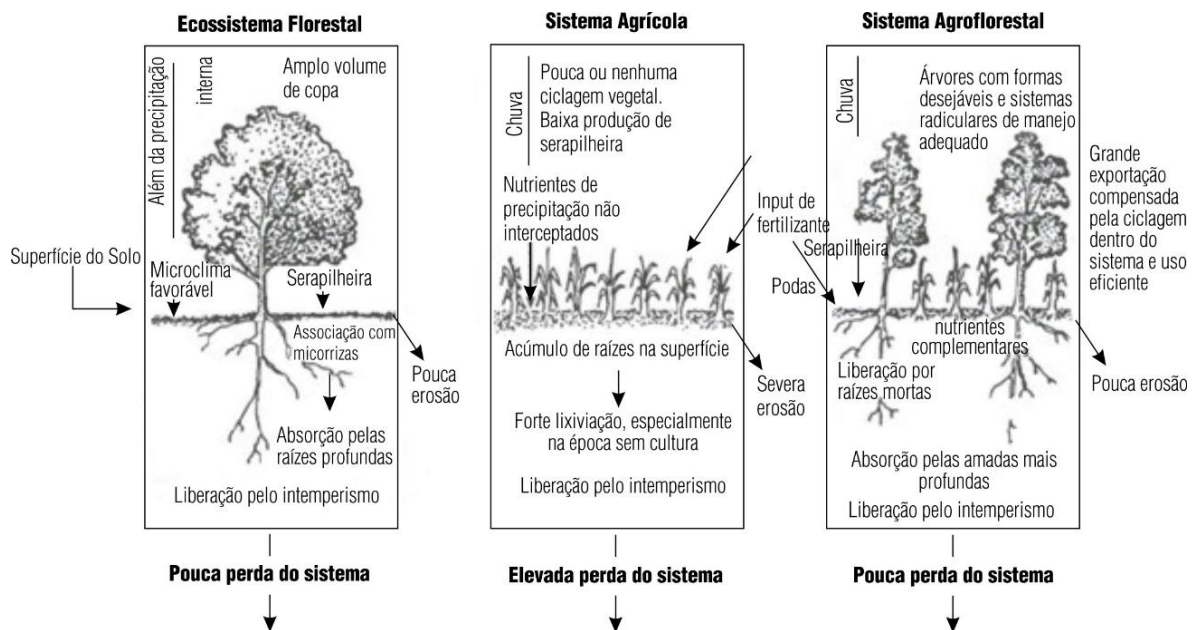
**Quadro 4:** Categorização dos SAF em sistemas, silviagrícola, silvipastoril e agrossilvipastoril de acordo com as possíveis combinações agrícolas e/ou pecuárias

**Fonte:** Dubois (2008)



Com efeito, os SAF se configuram como bons instrumentos para uma adequação ambiental e/ou restauração ecológica de áreas degradadas em propriedades rurais, por integrarem em um mesmo local energia, produção de alimentos, produtos madeireiros e não-madeireiros, fibras, etc. Propiciados através dos consórcios formados pautados na rotação e/ou sucessão de culturas. O manejo adequado desses consórcios visa otimizar os processos e os ciclos biológicos da flora e fauna presentes nestes agroecossistemas (NETO et al., 2018).

Em relação à perda de elementos do ecossistema, o sistema agrícola convencional perde muito mais elementos quando comparado aos sistemas agroflorestais e ao próprio sistema natural. Pelo fato dos sistemas agroflorestais se aproximarem bastante da dinâmica natural essas perdas são amenizadas. No sistema agrícola, percebe-se que os processos erosivos são intensificados pela retirada da cobertura vegetal e principalmente do elemento arbóreo. Os sistemas naturais e agroflorestais apresentam pouca erosão. Em face da cobertura vegetal removida há também um forte processo de lixiviação. Convém ressaltar que nos sistemas agrícolas convencionais há pouca ou nenhuma ciclagem de nutrientes e baixa produtividade de serrapilheira, condições que são fundamentais para manutenção de um ecossistema com menos oscilações. A (Figura 7) mostra esse e outros processos comparados entre os três sistemas.



**Figura 7:** Representação da diferenciação entre ecossistemas florestais, sistemas agrícolas convencionais e sistemas agroflorestais em relação a sua dinâmica de agregação e perdas de elementos na interação com o meio.

**Fonte:** Nair (1984).

A eficácia deste modelo produtivo pode ser comprovada através da literatura. Em uma breve pesquisa é possível encontrar trabalhos, como os relacionados a seguir, comprovando a sua eficiência em contribuir para uma agricultura de baixo impacto negativo ao meio ambiente e promover uma série de benefícios. No final deste trabalho há dez artigos (Ver Apêndice A, quadro 1) que reúnem na conclusão de seus resultados esta comprovação. Ressalta-se que foram analisados SAF simples e biodiversos.



Analisando os artigos em anexo, verifica-se os inúmeros benefícios proporcionados pelos SAF. No primeiro artigo analisado percebe-se o SAF cumprindo a função de conectividade entre fragmentos florestais, bem como servindo de nicho ecológico à várias espécies da avifauna. Isso é um fator bem positivo para uma área que se encontra degradada e que precisa ser recolonizada, pois a avifauna é excelente dispersora de sementes e também capaz de fazê-la cobrindo grandes áreas.

No segundo artigo, é possível notar através dos resultados encontrados pelos autores, um maior aporte de biomassa e um enriquecimento em nitrogênio, oriundos da entrada da serrapilheira. Também é possível perceber mais uma potencialidade do SAF, a de fornecer indivíduos da fauna edáfica para a matriz circundante, comprovando que os seus efeitos podem extrapolar a sua área de implantação ou de implementação, trazendo benefícios locais e para o entorno.

No terceiro artigo, verifica-se o SAF produzindo valores posicionais de serrapilheira muito próximos aos das florestas estacionais semidecíduais da Região Sudeste do Brasil, tanto totais como em frações. Tal fato, comprova que o sistema agroflorestal pode sim apresentar um comportamento semelhante ao de uma floresta nativa em termos de dinâmica produtiva de serrapilheira. Mostrando elevada taxa de decomposição, rápida liberação e reaproveitamento de nutrientes via sistema radicular do SAF.

No quarto artigo, são comparadas duas áreas, uma degradada e outra em recuperação com um sistema agroflorestal implantado. Neste último, os autores inferiram um enriquecimento das camadas superficiais do solo, uma melhoria considerável na disponibilidade de nutrientes e um constante aporte de biomassa. Denotando a sua eficiência também na ciclagem de nutrientes.

No quinto artigo, o SAF mostra o seu grande potencial em conectar fragmentos florestais. Da mesma forma, que se potencializa como mecanismo de restauração ambiental ao atrair a avifauna de volta ao local, aumentando a frequência de visitação aos bosques agroflorestados. Para tanto, é necessário que seja cumprido o que preconiza a Lei 12.651/12 – Novo Código Florestal Brasileiro. Em outras palavras, a recomposição da área degradada deve conter no mínimo cinquenta por cento de espécies nativas. Dessa forma, alimento e abrigo estarão garantido às espécies locais. Além de não perturbar tanto o ecossistema.

No sexto artigo, é demonstrada a contribuição dos sistemas agroflorestais na deposição de serrapilheira e de nutrientes, especificamente do nitrogênio, quando são utilizadas espécies leguminosas, as quais em associações com fungos micorrízicos estabelecem a fixação biológica de nitrogênio. Com os resultados do trabalho realizado, os autores sugerem o SAF para recuperação e manutenção de pastagens.

No sétimo artigo, fica claro o potencial dos sistemas agroflorestais em proporcionar melhores condições para penetração do sistema radicular das plantas e umidade do solo quando comparado com um sistema de plantio convencional. A estrutura do solo também apresentou melhores condições de macro e microporosidade. O SAF também se mostrou eficiente na retenção de carbono orgânico total, apresentando teores maiores em todas as classes de agregados analisadas.

No oitavo artigo, percebe-se o elemento arbóreo contribuindo na retenção da precipitação pluvial, através da interceptação das massas úmidas realizada pelas copas das árvores e no trabalho realizado pelo fluxo de tronco. Demonstrando os percentuais de



escoamento, do total precipitado, 67% escoaram através da copa, 0,74% escoaram pelo tronco e 32% foi interceptada pela copa das árvores. Nos resultados encontrados pelos autores, é possível verificar como seu deu a distribuição dos macronutrientes, Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) através das várias formas de escoamento.

As concentrações de N e P foram similares nas amostras da água escoada através da copa ou pelo tronco. No entanto, quando comparadas com a água da chuva essas concentrações foram 300% maior. Já a concentração de (K) na água escoada pelo tronco foi 100% maior do que a escoada através da copa das árvores e 600% maior do que a encontrada na água da chuva. Os autores destacam a importância dos SAF na sustentabilidade de sistemas de baixo custo de insumos externos e citam como exemplo, o da região do semiárido nordestino.

O nono artigo, mostra o SAF corroborando com elementos como: atributos físico-químicos do solo, condutividade hidráulica e decomposição de matéria orgânica. Nesses sistemas, o SAF apresentou evolução e melhorias do seu funcionamento, contribuindo para uma melhor densidade e porosidade do solo, e conseqüentemente uma melhor condução hídrica. Os resultados encontrados evidenciam o grande potencial dos SAF em melhorar ou manter os atributos físico-químicos do solo e de conservação da água. Fato fundamental para que uma bacia hidrográfica não sofra tantas oscilações em seus sistemas e subsistemas.

No décimo artigo, o qual analisa a disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica, percebe-se uma variação positiva na condição hidrológica da bacia em face do aumento da cobertura vegetal provenientes dos SAF, aumentando a disponibilidade hídrica na região. O autor também verificou benefícios progressivos na dinâmica das águas subterrâneas que aumentaram a sua percolação, incrementando o armazenamento nos aquíferos rasos e profundos. Constatado pela elevação dos fluxos de base para as vazões nos cursos d'água. O autor conclui afirmando que o SAF contribui melhorando a condição hidrológica da bacia hidrográfica, pois reteve com eficiência as massas úmidas que passaram pela região, aumentando também o potencial de aproveitamento da água precipitada. Além de melhorar a percolação e a produção do fluxo de base. Por fim, o autor destaca que os cenários com melhores resultados foram os que tiveram um incremento de 16% a 24% no aumento na cobertura vegetal proporcionada pelos SAF. Dessa forma, fica clara a importância de se recompor a área florestada nas áreas degradadas, principalmente se tratando de uma bacia hidrográfica.

Diante do exposto, é possível verificar através da literatura, a eficiência dos SAF na recuperação de áreas degradadas e na restauração dos processos ecológicos, muitas vezes deteriorados pela transformação de sistemas naturais em agroecossistemas pelo homem em decorrência da sua própria sobrevivência. Pelo fato dos sistemas agroflorestais se aproximarem bastante da dinâmica ecossistêmica previamente existente nos sistemas naturais, a natureza responder melhor a essas condições do que em um modelo produtivo convencional.

De fato, simplificação dos sistemas tem se traduzido na simplificação das paisagens. Onde estas, por não possuírem uma variedade biológica de indivíduos, atuando em diversos grupos funcionais dentro do ecossistema, acabam comprometendo seriamente a funcionalidade do mesmo. Como consequência dessa erosão da biodiversidade, tem-se a destruição inúmeros *habitats*, o esgotamento do solo pela diminuição e/ou perda da sua parte viva, e em casos mais extremos a perda total da sua capacidade produtiva.

Conservar a biodiversidade local é parte fundamental para se manter um ecossistema funcionando com um mínimo de oscilações possíveis, mesmo que estejamos falando de um



ecossistema alterado, como um agroecossistema. Conservar a biodiversidade em um agroecossistema é primordial para se ter esse sistema alterado funcionando o mais próximo possível de um ecossistema natural. Inclusive, respondendo melhor às pressões exercidas sobre ele. Em síntese, elementos bióticos e abióticos compõem partes específicas de um todo, tendo as suas especificidades e cumprindo suas respectivas funções. Portanto, precisam ser conservados e estar em harmonia entre si, pois somente assim, o todo (ecossistema) irá continuar funcionando universalmente.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

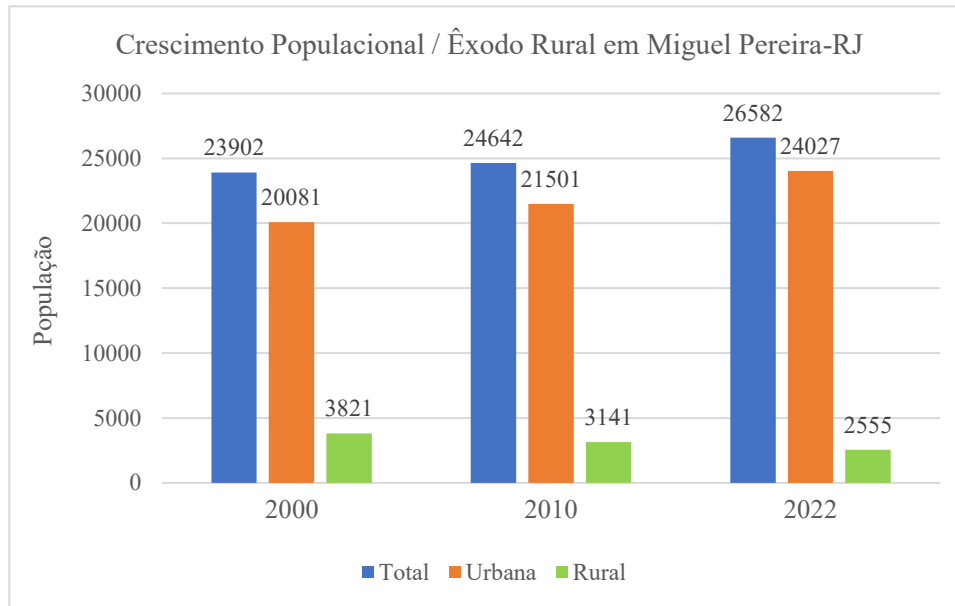
#### 3.1 Área de estudo

Para uma breve contextualização do município de Miguel Pereira-RJ, bem como a área de estudo, foram abordados tópicos como: a sua localização geográfica; extensão territorial; limites municipais; estimativas de crescimento populacional e econômico do município e o clima da região. Além das características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Santana. Neste sentido, aspectos como a localização da bacia em relação às divisões das regiões hidrográficas do estado do Rio de Janeiro; a hipsometria; a rede de drenagem; a hierarquia de canais e os tipos de solos encontrados na região também foram contemplados.

##### 3.1.1 Breve contextualização sobre o Município de Miguel Pereira-RJ

O município serrano de Miguel Pereira localiza-se na região centro-sul do estado do Rio de Janeiro. Com uma extensão territorial de 287,933 km<sup>2</sup>, apresenta uma geometria muito peculiar, alongada e estreita. As coordenadas do seu limite municipal em seus extremos são: ao norte 22° 25' 10"S e 43° 29' 33"W; ao sul 22°34' 18"S e 43° 30' 36"W; a oeste 22° 37' 10"S e 43° 39' 38"W e a leste 22° 27' 28"S e 43° 17' 22"W. Miguel Pereira faz divisa com os seguintes municípios: ao Norte com Vassouras e Paty do Alferes; a Leste com Petrópolis e Duque de Caxias; ao Sul com Nova Iguaçu e a Oeste com Japeri, Paracambi e Engenheiro Paulo de Frontin (IBGE, 2024).

De acordo com Censo Demográfico (2022), o município apresenta uma população total de 26.582 habitantes, com uma densidade demográfica de 92,32 habitantes por quilômetro quadrado. Esse crescimento populacional é progressivo, como é possível perceber analisando a (Figura 8). No Censo Demográfico (2000) o município apresentava uma população total de 23.902 habitantes. No Censo Demográfico (2010) esse número aumentou para 24.642 pessoas e finalmente no Censo 2022 alcançou os números do último Censo (IBGE, 2022). Um outro dado interessante que vale a pena ressaltar é que o município está se tornando mais urbano do que rural em termos de pessoas residindo. Enquanto a população urbana aumentou durante o período analisado, a população rural diminuiu. Foi um aumento de 3.946 pessoas que passaram a residir em zonas urbanas. Enquanto nas zonas rurais houve uma redução de 1.266 pessoas. Em síntese, com um aumento populacional da ordem de 11,21% em 22 anos (ano da contagem do último Censo), fica claro que simultaneamente cresce também a demanda por água na região.



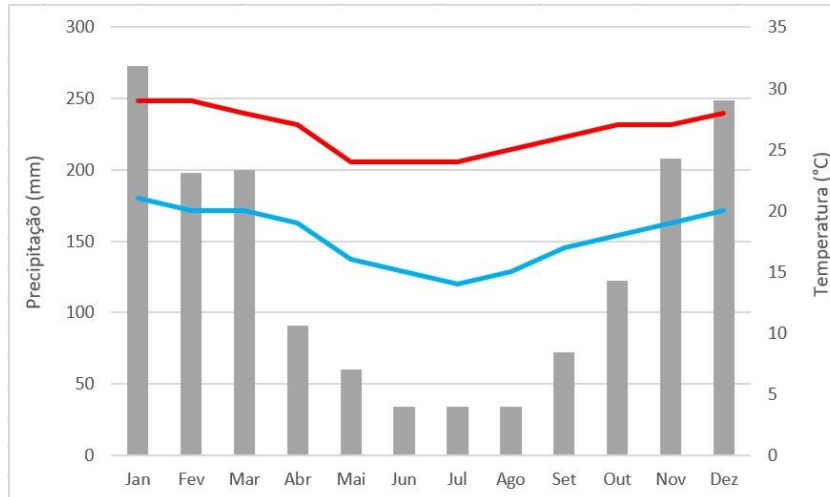
**Figura 8:** Crescimento populacional total e êxodo rural no próprio município (2000/2022)

**Fonte:** IBGE – Censo 2022. Elaborado pelo Autor (2025)

A economia do município se baseia no turismo, oferecendo inúmeros atrativos como: cachoeiras; rios; parque temático (Terra dos Dinos) com trenó de montanha; locais para realização de rapel; diversas trilhas; mirantes; polos gastronômicos; lojas de souvenirs; opções de artesanato; produtos naturais locais como doces geleias, etc. Além de um excelente clima que atrai cada vez mais turistas à região. Miguel Pereira também possui um comércio variado e uma boa rede hoteleira, a qual em muitas vezes tem 100% de lotação.

Vários empreendimentos estão chegando à cidade. Como é o caso, por exemplo, do complexo hoteleiro e residencial *Colline de France*, o qual iniciou suas obras agora em janeiro de 2025 e deverão ser concluídas em janeiro de 2027. O hotel tem sua sede em Gramado no Rio Grande do Sul e agora terá uma filial em Miguel Pereira-RJ. O projeto conta com 60 apartamentos, sendo 36 com suítes exclusivas; 4 mansões suspensas na cobertura; SPA; salão de festas; salão de jogos; pub; academia; playground; brinquedoteca; jardins; restaurantes e espaço gourmet. Além de piscinas aquecidas internas e externas. Nos últimos anos, a cidade tem crescido muito economicamente e em sua população. Esse crescimento se reflete num aumento substancial na demanda hídrica e energética.

Do ponto de vista ambiental, o município está completamente inserido no bioma Mata Atlântica e possui índices pluviométricos anuais que variam em torno de 34mm nos meses mais secos a aproximadamente 273mm nos meses mais chuvosos. Apresentando temperaturas mínimas de 13°C no inverno e máxima de 29°C no verão. Ocasionalmente já foram registradas temperaturas próximas aos 35°C. A (Figura 9) mostra a distribuição da precipitação e das temperaturas ao longo do ano no município (CLIMATE DATA, 2024).



**Figura 9:** Temperaturas e precipitações médias anual no município de Miguel Pereira-RJ

**Fonte:** Climatempo (2024). Elaborado pelo autor (2025).

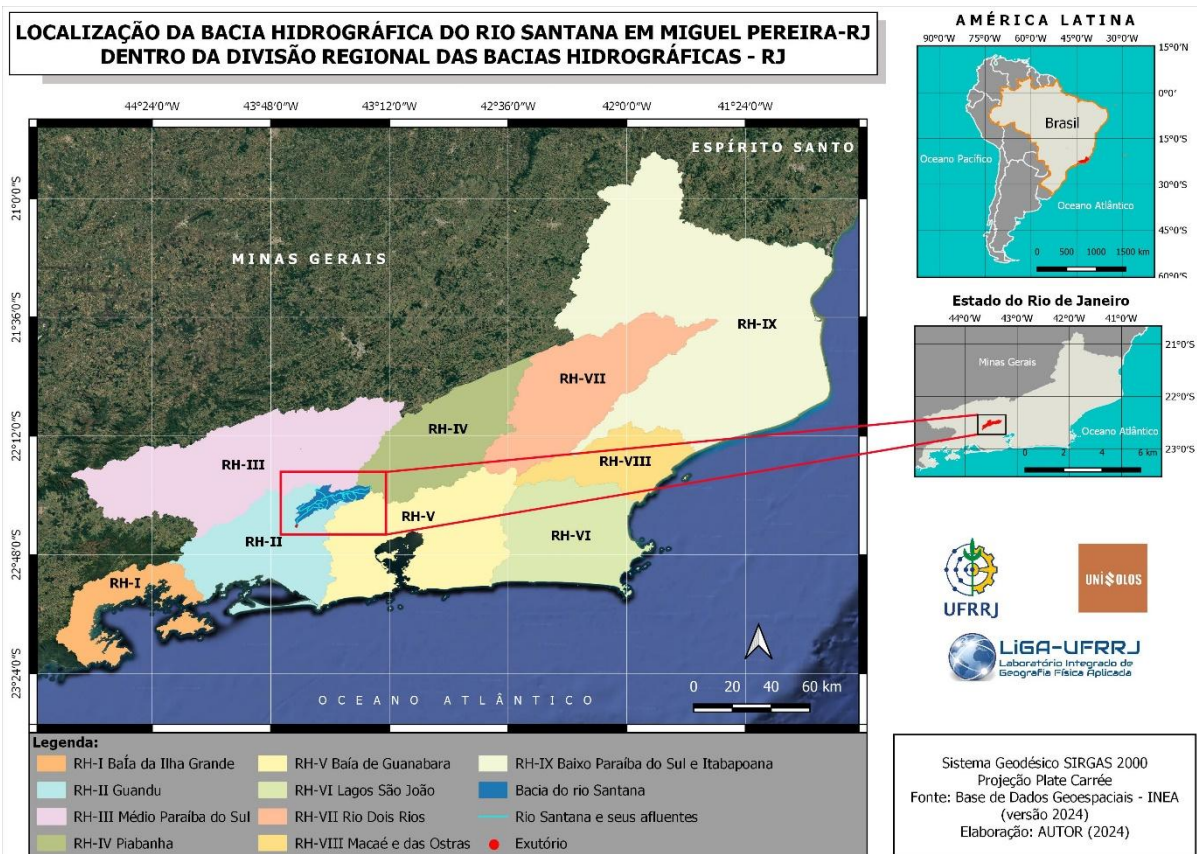
De acordo com Climate Data (2024), o clima no município de Miguel Pereira, seguindo a classificação de Köppen e Geiger, é classificado como Cfa Subtropical com verão quente. Este tipo de clima apresenta condições que variam entre suaves e moderadas na região, propiciando uma precipitação anual que gira em torno 1.575mm.

Em relação às fitofisionomias, a região onde o município está situado pertence ao bioma Mata Atlântica e apresenta florestas ombrófilas e florestas estacionais decíduais e semidecíduais, ocorrendo simultaneamente. Sendo as florestas estacionais decíduais e semidecíduais submontanas, localizadas nas partes mais baixas e as ombrófilas densas situadas nas partes mais altas do município (MASTERPLAN, 2020).

Na região há a presença de grande quantidade de árvores com folhas latifoliadas. Este, é um tipo de folha larga e possui uma boa região de contato. São capazes de precipitar grandes quantidades de umidade que passam pelo local vindas do oceano em direção ao continente. Essa umidade é retida, posteriormente evapotranspirada voltando a precipitar.

### 3.1.2 Localização e características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Santana

Com base na divisão das regiões hidrográficas do estado do Rio de Janeiro, a bacia hidrográfica do rio Santana, localiza-se entre a RH-III Médio Paraíba do Sul; RH-IV Piabanha e RH-II Baía de Guanabara. Tangencia toda a bacia do rio São Pedro pelo Maciço do Tinguá. Este, por sua vez é literalmente um divisor de águas. Onde as águas drenadas para o lado do São Pedro vão para as bacias da Guanabara e as que são drenadas para o lado do Santana formam a bacia do Santana. A (Figura 10) mostra a localização da bacia hidrográfica do rio Santana em relação às regiões hidrográficas fluminenses e a sua localização no estado do Rio de Janeiro.



**Figura 10:** Localização da bacia hidrográfica do rio Santana no estado do Rio de Janeiro e entre as regiões hidrográficas fluminenses

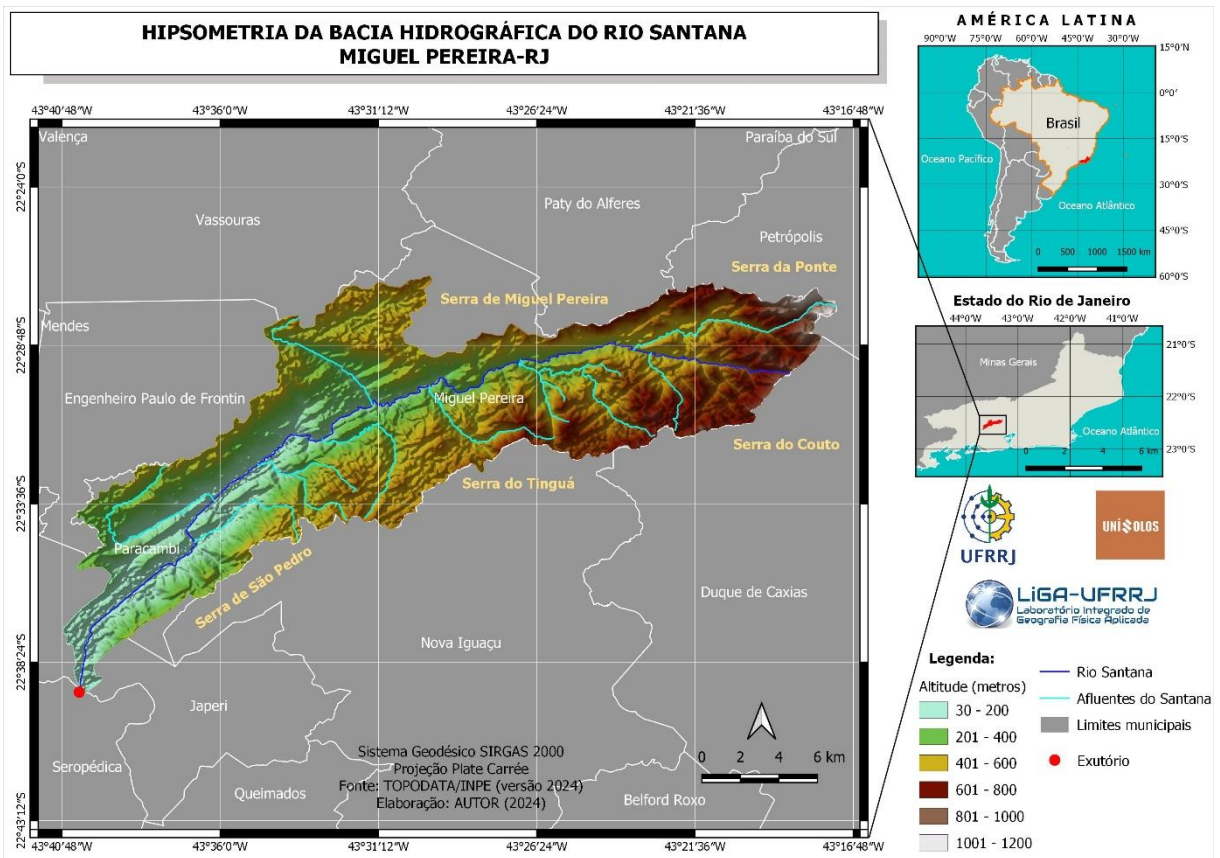
O rio Santana nasce em cotas de 1.000 metros na Serra do Couto, nos arredores do Vale das Princesas, próximo à divisa dos municípios de Miguel Pereira, Petrópolis e Duque de Caxias. Ele percorre cerca de 50km até desaguar no rio Guandu em cotas de 30 metros, na divisa dos municípios de Paracambi, Seropédica e Japeri. Destaca-se que o rio Guandu é o principal rio que abastece cerca de 9.000.000 de habitantes na cidade do Rio de Janeiro e parte de sua região metropolitana.

Atinente a sua extensão, a bacia hidrográfica do rio Santana possui aproximadamente 320,24km<sup>2</sup>. Salienta-se que esta bacia é a maior sub-bacia do rio Guandu. Ela limita-se ao Norte com a Serra de Miguel Pereira; a Leste com as Serras da Ponte e Serra do Couto; ao Sul com a Serra do Tinguá e a Oeste com a Serra de São Pedro. Da montante à jusante, a bacia abrange os municípios de Petrópolis; Paty do Alferes; Miguel Pereira; Vassouras; Engenheiro Paulo de Frontin e Paracambi, pelo lado esquerdo. Pelo lado direito, Duque de Caxias; Nova Iguaçu e Japeri. A maior parte da bacia está inserida no município de Miguel Pereira, o restante está distribuído pelos municípios acima mencionados. Alguns deles abarcam apenas alguns trechos da bacia, outros têm uma parcela significativa dela, como por exemplo, o município de Paracambi.

Ao descer as cabeceiras, o rio Santana percorre trechos montanhosos com vales em formato de “V” ainda sendo esculpido pelas águas. Nesse trecho, pequenas corredeiras e remansos contribuem para vazão do canal principal. Essa paisagem se mantém até aproximadamente a metade da bacia. A partir da localidade de Arcádia o vale começa se abrir,

aumentando o seu plano de várzea à medida que segue em direção a Santa Branca, Conrado, Mangueiras e Paes Leme. O trecho da bacia de Paes Leme até Japeri apresenta um plano de várzea bem alargado. Neste, é possível perceber diversas áreas com pastagens (AGEVAP, 2015).

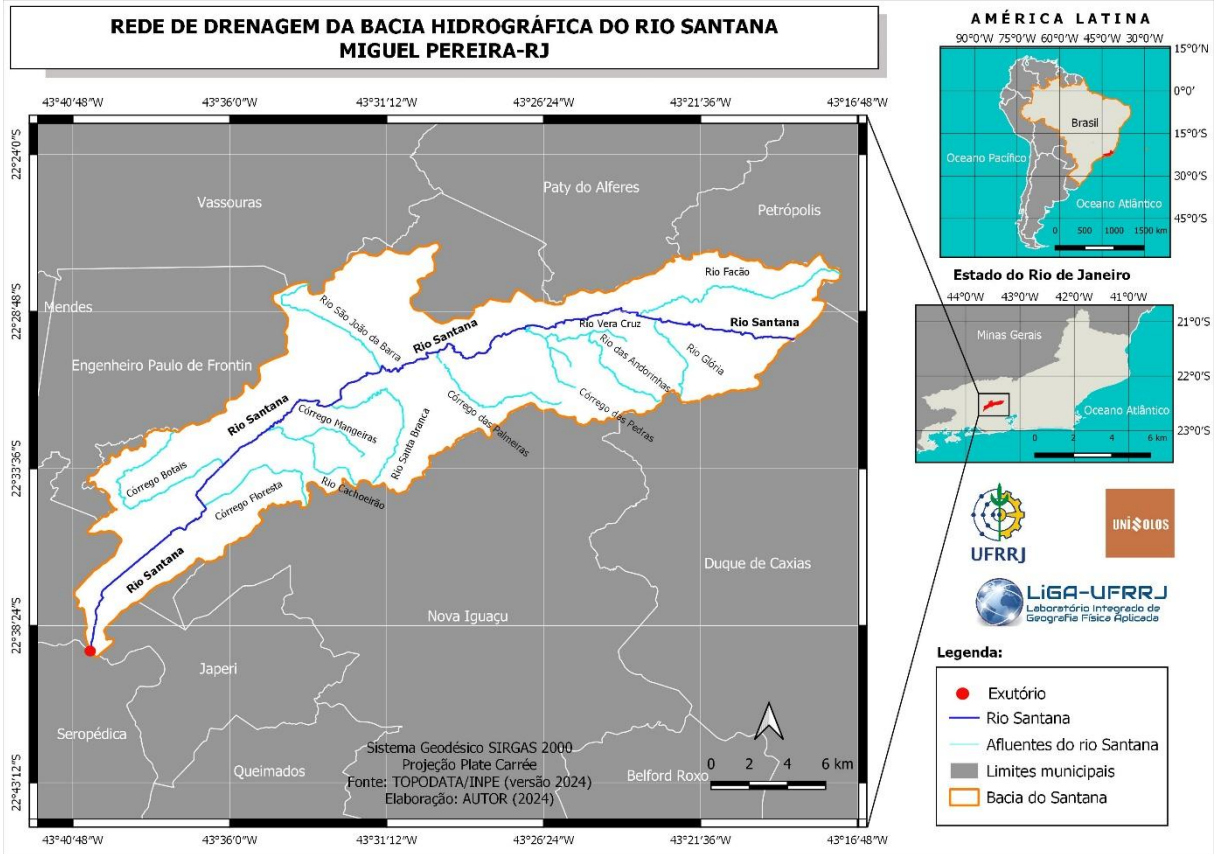
Em síntese, os valores hipsométricos da bacia variam desde 30 metros até 1.200 metros de altitude. As cotas mais elevadas, (entre 601 e 1.200 metros) localizam-se nas cabeceiras, onde se encontram as nascentes. Há um extenso gradiente transicional com cotas intermediárias (401 e 600 metros) ao longo da bacia, de alto para médio curso do rio. Já de médio para baixo curso do rio as cotas giram em torno de 201 a 400 metros e 30 e 200 metros respectivamente. Esta última se segue até a sua foz. A (Figura 11) mostra os valores hipsométricos da bacia, bem como a sua delimitação com as serras do entorno.



**Figura 11:** Valores hipsométricos e delimitação com as serras do entorno da bacia hidrográfica do rio Santana

Em relação à rede de drenagem da bacia, na escala analisada, foram encontrados três afluentes pela sua margem direita: rio Facão; rio São João da Barra e Córrego Botais. Pela margem esquerda, nove afluentes: rio Glória; rio das Andorinhas; rio Vera Cruz; Córrego das Pedras; Córrego das Palmeiras; rio Santa Branca; Córrego Mangueiras; rio Cachoeirão e Córrego Floresta. A presença de um maior número de afluentes pela sua margem esquerda, talvez possa ser explicada pelo fato desse lado da bacia tangenciar em grande parte a Reserva Biológica do Tinguá. Uma área de proteção integral que é grande produtora de água de boa qualidade e em boa quantidade. De fato, a Serra do Tinguá é um grande divisor de águas na região. Drenando água tanto para a bacia do rio Santana quanto para a bacia do rio São Pedro.

As demais serras que circundam a bacia também contribuem drenando boa quantidade de água para a formação de escoamentos superficiais e/ou subsuperficiais, alimentando seus afluentes. Na (Figura 12) é possível ver o canal principal e seus afluentes.



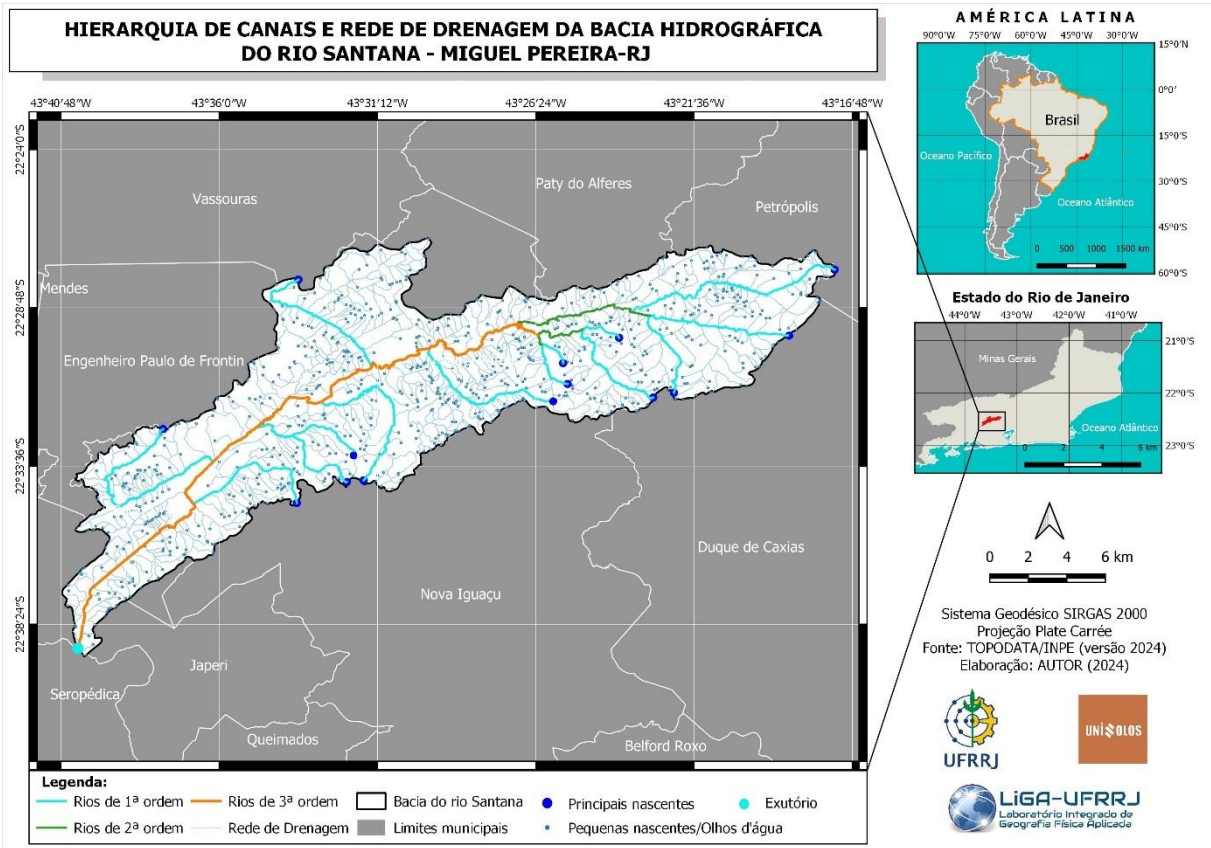
**Figura 12:** Bacia hidrográfica do rio Santana apresentando o canal principal e seus afluentes

### 3.1.3 Hierarquia de canais

A ordem dos cursos d'água ocorre através de um sistema de classificação qualitativa da bacia hidrográfica. Tal classificação foi proposta por Horton no ano de 1945 e posteriormente modificada por Strahler no ano de 1957, consistindo na atribuição de valores para os referidos cursos d'água através de números cardinais.

Pela classificação de Strahler, os canais menores desde as suas nascentes até encontrarem a primeira confluência são denominados canais de 1ª ordem e não recebem nenhum afluente. Os canais de 2ª ordem se originam da confluência de dois ou mais canais de 1ª ordem. Os canais de 2ª ordem só recebem afluentes de 1ª ordem. Os canais de 3ª ordem são originários da confluência de dois ou mais canais de 2ª ordem. Os canais de 4ª ordem têm a sua origem a partir da confluência de dois ou mais canais de 3ª ordem, e assim sucessivamente. O canal de ordem mais alta acaba recebendo as águas de todas as ordens anteriores e consequentemente forma o canal principal (CHRISTOFOLETTI, 1980). Ao analisar a (Figura 13), pode-se perceber que a bacia hidrográfica do rio Santana possui rios de 1ª, 2ª e 3ª ordem,

se configurando como uma bacia de 3ª ordem. Também é possível perceber as nascentes principais, pequenas nascentes e olhos d'água que ajudam a compor toda a rede hidrográfica.



**Figura 13:** Hierarquia de canais da bacia hidrográfica do rio Santana

Quanto a formação geológica da bacia do rio Santana, de acordo com Zálan (2004), há indícios que ela tenha se desenvolvido "no início do Cenozóico a partir de distensões da crosta continental da Plataforma Sul-Americana que originaram o conjunto de falhas denominados *Rifte Continental do Sudeste Brasileiro (RCSB)*". Hackspacher et al. (2003), sinalizam que o *Gráben* do rio Santana pode ter sido originado a partir de reativações tectônicas que desencadearam o soerguimento acentuado ocorrido a partir de 10 Ma até o Plioceno. Definida por Zálan (2004), como sendo uma "calha tectônica extremamente jovem desenvolvida imediatamente ao norte do *Gráben* da Guanabara".

É possível que o conjunto de drenagem tanto do rio Santana como de seus afluentes tenha se originado desse sistema de fendas continentais, bem como a evolução de seus vales tenha ocorrido sobre a zona de cisalhamento, originando "uma bacia sedimentar de idade cenozoica no fundo de vale, com 15 km de comprimento e 2 km de largura, dividida em dois níveis deposicionais separados por blocos e falhas". Como apontado nos estudos de (GONTIJO, 2010).

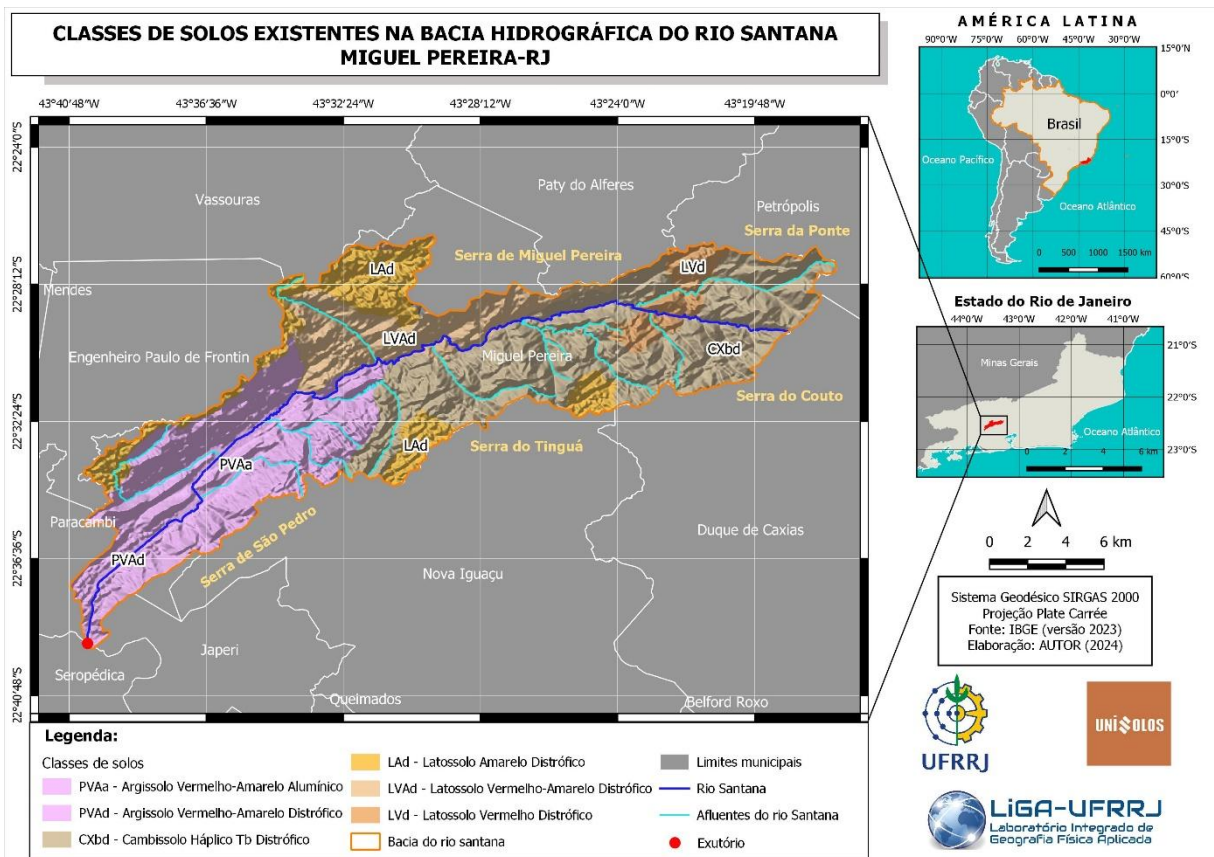
Pautados no mapeamento de unidades geológico-ambientais realizado pela antiga Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, atual SGB – Serviço Geológico do Brasil, em 2014, Oliveira; Marçal (2024), afirmam que a bacia do rio Santana insere-se basicamente entre sete unidades geológicas. Estas, variam "entre rochas com datação do

Proterozóico (do período Toniano e Criogeno) e rochas do Fanerozóico e são representadas pelas unidades Arcádia Real, Conservatória, Raposos, Rio Negro, Graminha, Rio Turvo, Serra dos Órgãos e Depósitos aluvionares”.

A morfologia da bacia hidrográfica do rio Santana é explicada por Dantas (2000), quando afirma que a área apresenta “serras escarpadas e serras isoladas que se desenvolveram sobre as serras de Miguel Pereira, da Ponte, do Couto, de São Pedro e do Tinguá. Além disso, morros e colinas se desenvolveram nos planaltos ondulados sobre as Serras de São Pedro e do Couto”.

Sobre a morfologia da planície fluvial da bacia, Madeira; Borghi (1999), explicam que essa planície possui diferentes níveis deposicionais: “nos depósitos quaternários desta bacia estão presentes sistemas de leques aluviais, com planícies mal drenadas, geneticamente relacionadas a outras planícies com as quais é comum o entrelaçamento de depósitos de extravasamento de diques marginais”. Os autores ainda sinalizam a presença de planícies de inundação variadas, contínuas e descontínuas.

Esse embasamento rochoso contribuiu e continua contribuindo com os processos pedogenéticos ao longo do tempo geológico. Desse material litológico originou-se alguns tipos de solo que hoje compõem o recorte regional do sistema solo da bacia em questão e que podem ser vistos na (Figura 14). Obedecendo a classificação Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA pode-se identificar as seguintes classes de solo na região:



**Figura 14:** Classes de solos presentes na bacia hidrográfica do rio Santana

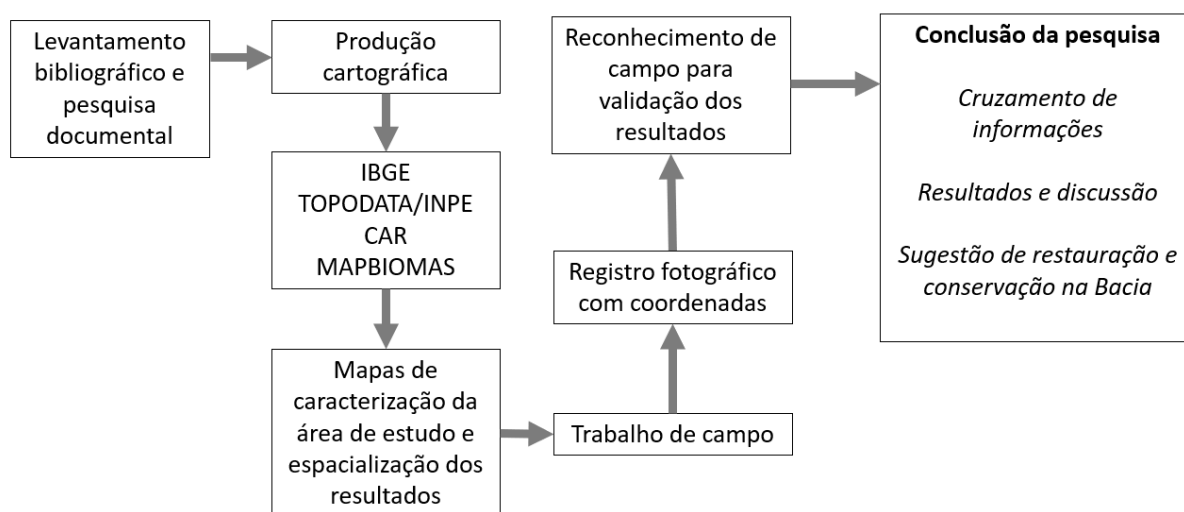
Analisando a distribuição espacial das classes de solo no mapa, é possível perceber a predominância de Cambissolo Háplico Tb Distrófico (CXbd) na bacia. Em segundo lugar aparece o Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico (PVAa). Em terceiro lugar está o Latossolo Amarelo Distrófico (LAd). Em quarto lugar está o Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAd). Em quinto lugar está o Latossolos Vermelho Distrófico (LVd) e em sexto e último encontra-se o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd).

Nota-se que o caráter distrófico e o caráter alumínico aparecem quase na totalidade dos solos da bacia. Estes, por sua vez, apresentam limitações às práticas agrícolas. Os solos distróficos tendem a ser ácidos, interferindo diretamente no pH do solo. Havendo a necessidade de aplicação de grandes quantidades de insumos que estimulem essa correção. Ressalta-se que a acidez é tóxica para as plantas e provoca uma redução na disponibilidade de nutrientes para as mesmas.

Nos solos com expressivo caráter alumínico, podem ocorrer problemas no sistema radicular das plantas. Por exemplo, as culturas mais sensíveis podem ter as suas raízes atrofiadas. Impedindo a obtenção de água e nutrientes das camadas mais profundas do solo em decorrência do seu enraizamento incipiente e superficial. Salvo, se forem culturas mais generalista que se adaptem a esta condição.

### 3.2 Metodologia

O arcabouço teórico-metodológico da presente pesquisa, baseia-se em um sólido levantamento bibliográfico, pautado na visão de teóricos, que dialogam com os temas abordados e analisados; em pesquisa documental; na produção cartográfica e no trabalho de campo. A (Figura 15) mostra um fluxograma do desenvolvimento da pesquisa.



**Figura 15:** Fluxograma dos procedimentos metodológicos da pesquisa.

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2025).



### 3.2.4 Etapas do desenvolvimento da pesquisa

Em um primeiro momento, realizou-se um levantamento bibliográfico que possibilitou a elaboração de um arcabouço teórico-metodológico, o qual fundamentou a pesquisa e a compreensão das questões levantadas. Este arcabouço, também delineou os rumos da pesquisa ao longo do seu desenvolvimento. Além disso, serviu de base para fomentar a discussão dos resultados e ajudou a pensar as possíveis soluções recomendadas para restauração e conservação na bacia.

Em segundo momento foi realizada uma pesquisa documental que permitiu o levantamento de informações acerca da caracterização geral do município Miguel Pereira-RJ e da área de estudo, a bacia hidrográfica do rio Santana. Ademais, do seu sistema de abastecimento hídrico; do processo local de geração de energia elétrica; do estado atual da bacia: como estão distribuídas as áreas de APP, consolidadas e de uso restrito, de vegetação nativa e reserva legal nas propriedades, bem como o uso e a ocupação do solo na bacia. Para isso, foram consultados: o Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Miguel Pereira-RJ (PMSB); Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Instituto Estadual do Ambiente (INEA); a Agência Nacional de Águas – ANA e a EMBRAPA. Além de vários artigos relacionados ao tema em questão.

Em um terceiro momento foi elaborada a produção cartográfica. Esta por sua vez, possibilitou a delimitação e localização da bacia hidrográfica do rio Santana, situando-a entre as divisões das regiões hidrográficas (RH) existentes no estado do Rio de Janeiro. Os mapas produzidos, também possibilitaram espacializar as informações acerca das características fisiográficas da área de estudo. Tais como a distribuição da sua rede de drenagem, com o canal principal e seus afluentes devidamente nomeados; a sua estrutura hierárquica de canais; a distribuição dos tipos de solos existentes na bacia; a diferença altimétrica do relevo desde a nascente até a sua foz e as unidades de conservação (UC) presentes na bacia. Além de demonstrar o seu comportamento de infiltração e retenção de água em função características físico-hídricas das classes de solos encontrados na região.

A produção cartográfica também contribuiu significativamente para a produção dos resultados, espacializando e quantificando dados como: áreas de reserva legal e mata nativa; áreas de uso restrito e áreas consolidadas; áreas de preservação permanente (APP) e imóveis rurais declarados no Cadastro Ambiental Rural (CAR). Além desses, dados sobre a captação e o tratamento de água; a geração de energia elétrica; o uso e a ocupação e o mapa das pressões encontradas na bacia durante a realização do trabalho de campo.

Para tanto, utilizou-se imagens disponibilizadas gratuitamente nas plataformas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), através do seu Banco de Dados Geomorfométrico do Brasil (TOPODATA); Cadastro Ambiental Rural (CAR); Base de Dados Geoespaciais do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e MapBiomias.

Os sensores orbitais e os satélites utilizados no imageamento da área de estudo foram o MSI/SENTINEL-2 e o PAN/CBERS-4A respectivamente. Ambos com resolução radiométrica de 8 bits e resolução espacial de 10 metros. Como mostra o (Quadro 5). A escolha dos satélites se deu em função de uma melhor resolução espacial que demonstrasse com mais detalhes as covariáveis analisadas. Além é claro, a valorização do empenho brasileiro na parceria com a



China (satélite CBERS-4A), no que tange ao nosso desenvolvimento tecnológico e nas possibilidades que isso significa para o avanço do geoprocessamento no Brasil. De posse desse material, seguiu-se as rotinas de tratamento e processamento digital das imagens no software gratuito Q-GIS, onde foram processados e produzidos todos os mapas constantes no presente trabalho.

Satélite	Sensor orbital	Resolução Radiométrica	Resolução Espacial
SENTINEL-2	<i>Multispectral Imager (MSI)</i>	8 bits	10 metros
CBERS-4A	Pancromático e Multiespectral	8 bits	10 metros

**Quadro 5:** Configuração dos sensores utilizados no imageamento da pesquisa

**Fontes:** Agência Espacial Europeia – ESA e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Elaborado pelo Autor (2025).

Em um quarto momento foi realizado o trabalho de campo na bacia, o qual possibilitou a comprovação dos dados obtidos através dos sensores orbitais; o registro fotográfico com as respectivas coordenadas geográficas, bem como uma checagem mais apurada das condições atuais da bacia em relação às pressões que incidem sobre ela.

Em um quinto e último momento foram cruzadas as informações; analisados todos os resultados e comparados com as informações encontradas em campo; discutidos os resultados, e com base na conclusão da pesquisa foi possível recomendar algumas ações para restauração e conservação na bacia. Contribuindo para a manutenção e continuidade dos seus recursos hídricos e energéticos.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para um melhor entendimento e organização dos resultados, eles foram estruturados na seguinte ordem: potencial hídrico; potencial energético; estado atual da bacia e dinâmica da recarga hídrica em função das classes de solos encontradas na região. Assim, é possível perceber a importância desse rio para o município e como é fundamental a sua conservação; como estão distribuídos os usos e a ocupação do solo; os problemas que a bacia enfrenta atualmente e como ela se comporta realizando a sua recarga. Diante disso, é possível pensar o que se pode fazer para começar a reverter o quadro atual que ela se encontra ou pelo menos minimizar os impactos negativos que incidem sobre este recorte espacial. Após, foram tecidas algumas considerações finais e recomendações para a restauração e conservação na bacia completando assim a pesquisa em tela.

### 4.1 Potencial hídrico: capacidade do rio Santana no abastecimento hídrico do município de Miguel Pereira-RJ

De acordo com INEA (2023), “O rio Santana é o principal curso d’água do município de Miguel Pereira”. Sua contribuição com é tão significativa que além de abastecer o referido município, ainda fornece água para o município vizinho, Paty do Alferes. Completando a sua demanda por água, uma vez que os rios Vista Alegre, Marmelo e Palmares, que abastecem Paty do Alferes, sozinhos não são suficientes para suprir a sua demanda.

A crescente demanda por água é constante em quase todos os lugares. Porém, muitas vezes existe apenas um manancial com grande volume de água capaz de suprir essa demanda. Com a cidade do Rio de Janeiro e alguns municípios da Baixada Fluminense não é diferente. Para estes, o abastecimento também é realizado praticamente por apenas um rio, o rio Guandu. Auxiliado por sistemas menores como o sistema Acari, o qual atende os municípios de Belford Roxo, Duque de Caxias, Nova Iguaçu e São João de Meriti na Baixada Fluminense, e ainda a cidade do Rio de Janeiro quando precisa de um volume extra de água (CEDAE, s/d), por exemplo, mas a contribuição hídrica maior fica a cargo mesmo do rio Guandu (BRITTO; QUINTSLR, 2017).

A demanda por água é tão grande que alguns sistemas operam de maneira integrada. De acordo com Britto; Formiga-Johnsson; Caneiro (2016), “A partir do município do Rio de Janeiro, cerca de 8 km após a ETA Guandu, as adutoras do Sistema de Ribeirão das Lajes se interligam às adutoras de água tratada do Sistema Guandu formando um único sistema”. Outros já operam de maneira independente, como é o caso do sistema Imunana-laranjal, o qual abastece os municípios de Niterói, São Gonçalo, Itaboraí e a Ilha de Paqueta.

O município de Miguel Pereira é abastecido exclusivamente pelo rio Santana, através de duas captações: uma localizada no próprio rio citado acima, no distrito de Vera Cruz, próximo à cachoeira Monte Líbano e outra em um de seus afluentes denominado rio Cachoeirão, o qual tem a sua nascente dentro da Reserva Biológica do Tinguá. Isso explica que apesar de se tratar de um afluente do rio Santana a sua contribuição de água em quantidade e qualidade é bem significativa.

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Miguel Pereira-RJ – PMSB (2014), as captações são realizadas no sistema fio d’água. No sentido, da

montante à jusante, a primeira captação é feita no distrito de Vera Cruz, próximo da Cachoeira Monte Líbano sob as coordenadas 22° 29' 33" S e 43° 27' 47" W. Essa captação, abastece o distrito sede, os distritos de Barão de Javary, Governador Portela e demais bairros, todos situados na parte alta do município (PMSB, 2014).

Por outro lado, os bairros de Conrado, Mangueiras, Paes Leme e Arcádia (partes baixas do município) são abastecidos pela captação situada em Conrado, localizada sob as coordenadas 22° 33' 32" S e 43° 33' 23" W, a qual tem as águas aduzidas por gravidade do rio Cachoeirão.

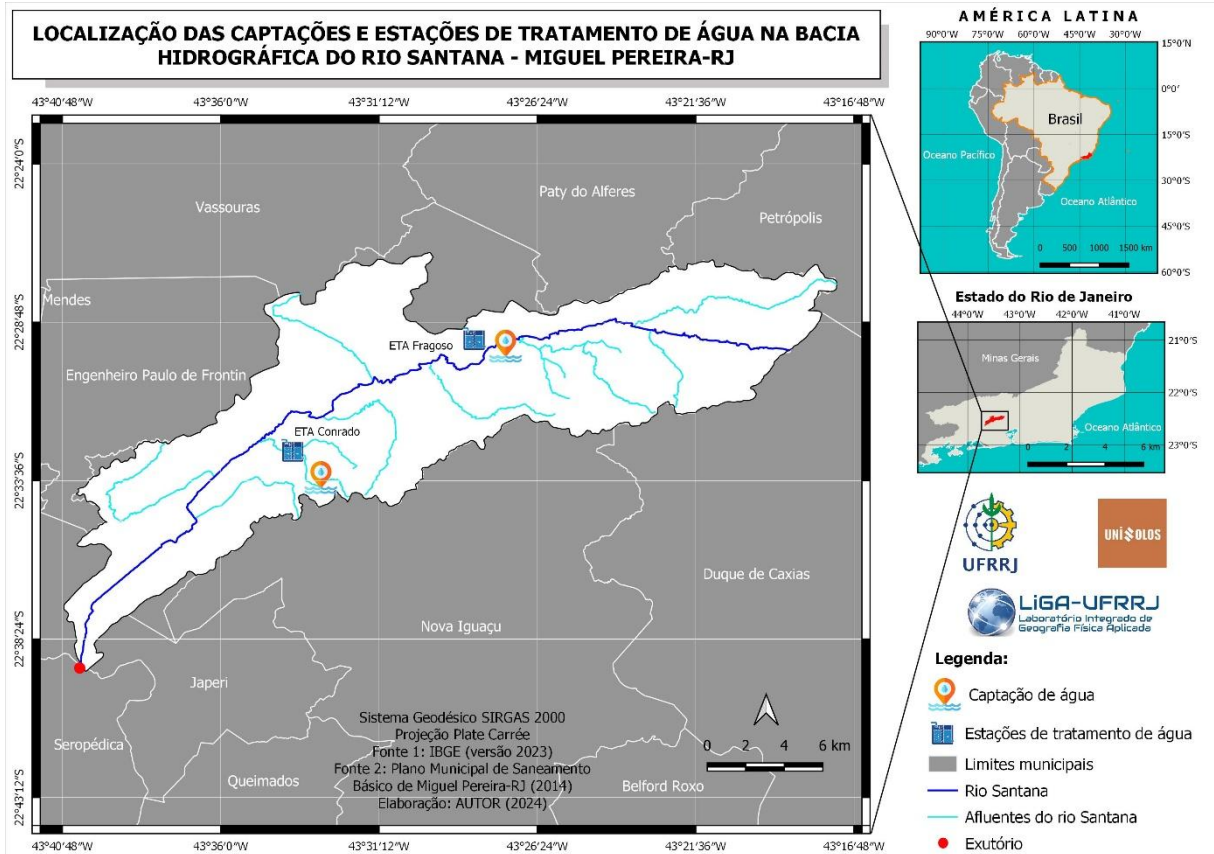
Toda água captada no rio Santana é tratada no próprio município de Miguel Pereira por estações de tratamento de água. A Estação de Tratamento de Água de Francisco Fragoso (ETA Fragoso) situada sob as coordenadas 22° 29' 18" S e 43° 28' 19" W, tem capacidade máxima de 110 l/s, o que equivale a 396.000 l/h. Esta, bombeia através de uma linha adutora a água da captação do rio Santana para dentro de suas instalações para o devido tratamento. Trata-se de uma Estação de Tratamento de Água compacta que possui em sua estrutura três módulos. Já a ETA Conrado, localizada sob as coordenadas 22°32'41" S e 43°33'49" W, tem capacidade máxima de 18 l/s, o equivalente a 64.800 l/h. Ela é uma Estação de Tratamento de Água do tipo convencional de apenas um módulo. Ambas operam 24 horas por dia (PMSB, 2014).

De acordo com PMSB (2014), depois da captação e do tratamento, a água é enviada para seis reservatórios. Cinco abastecidos pela ETA Fragoso e um abastecido pela ETA Conrado. Localizados nos bairros/distrito de: Barão de Javary; Francisco Fragoso; Centro; Praça da Ponte; Cupido e Conrado respectivamente. Como mostra o (Quadro 6). A ETA Fragoso ainda conta com uma caixa de passagem situada à Estrada Chaumiére, nº 1.700, sob as coordenadas geográficas (22° 28' 56" S e 43° 28' 40" W), no distrito de Barão de Javary, com capacidade de reservação de 50m<sup>3</sup> de água, a qual auxilia no armazenamento para posterior bombeamento para o reservatório do bairro Aninha Moura no mesmo distrito. A (Figura 16) mostra os pontos de captação e as estações de tratamento de água na bacia hidrográfica do rio Santana.

Reservatórios e Caixa de Passagem	Distrito/Bairro	Material	Tipo	Capacidade (m <sup>3</sup> )	Abastecido por
Reservatório	Barão de Javary (Aninha Moura)	Concreto	Apoiado	1.000	ETA Fragoso
Reservatório da ETA Fragoso	Francisco Fragoso	Concreto	Apoiado	650	ETA Fragoso
Reservatório	Centro	Concreto	Apoiado	350	ETA Fragoso
Reservatório	Praça da Ponte	Concreto	Elevado	100	ETA Fragoso
Reservatório	Cupido	Concreto	Enterrado	100	ETA Fragoso
Caixa de passagem	Francisco Fragoso	Concreto	Apoiado	50	ETA Fragoso
Reservatório da ETA Conrado	Conrado	Concreto	Enterrado	70	ETA Conrado

**Quadro 6:** Reservatórios e caixa de passagem de água que o abastecem o município de Miguel Pereira-RJ

**Fonte:** Adaptado de PMSB (2014). Elaborado pelo Autor (2025)



**Figura 16:** Captações e estações de tratamento no rio Santana.

**Créditos dos ícones captação de água e tratamento de água:** Designed by Freepik.com<sup>1</sup>

Somando todo o potencial de armazenamento (os seis reservatórios, mais a caixa de passagem), a capacidade para armazenamento é de 2.320m<sup>3</sup> de água, o equivalente a 2.320.000 litros. Diante disso, é possível perceber a capacidade hídrica desse rio e a dependência do município em relação ao seu abastecimento de água. Uma vez que os grandes mananciais que poderiam contribuir para o abastecimento do município se encontram mais distantes. Esse fato corrobora com a proposta da presente pesquisa em relação à conservação dessa bacia e de seus recursos.

#### 4.2 Potencial energético: capacidade do rio Santana na geração de energia e comercialização

O volume de água produzido pelo rio Santana, também é aproveitado para geração de energia elétrica. Ao longo do seu curso, existem 4 Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH), são elas: Anzol, Bambu, Santana e Santa Branca todas de propriedade do setor privado. Juntas e em plena capacidade são capazes de gerar de mais 5 mil kilowatts. Vale ressaltar que o

<sup>1</sup> **1\_ ícone de captação de água** Disponível em:

[https://br.freepik.com/icone/piscina\\_1857277#fromView=search&page=1&position=26&uuiid=f02c20cd-410b-4f21-adf8-3a5b3407db48](https://br.freepik.com/icone/piscina_1857277#fromView=search&page=1&position=26&uuiid=f02c20cd-410b-4f21-adf8-3a5b3407db48)">Ícone de Freepik</a>

**2\_ ícone tratamento de água** Disponível em:

[https://br.freepik.com/icone/mineral\\_18747994#fromView=search&page=1&position=46&uuiid=190681e8-9440-4df5-befd-f188684f49d1](https://br.freepik.com/icone/mineral_18747994#fromView=search&page=1&position=46&uuiid=190681e8-9440-4df5-befd-f188684f49d1)">Ícone de cah nggunung</a>

município não apresenta dependência energética com o rio Santana, como acontece com o seu abastecimento hídrico. O abastecimento de energia elétrica de Miguel Pereira vem das usinas hidrelétricas situadas no município de Piraí-RJ (ANEEL, 1996).

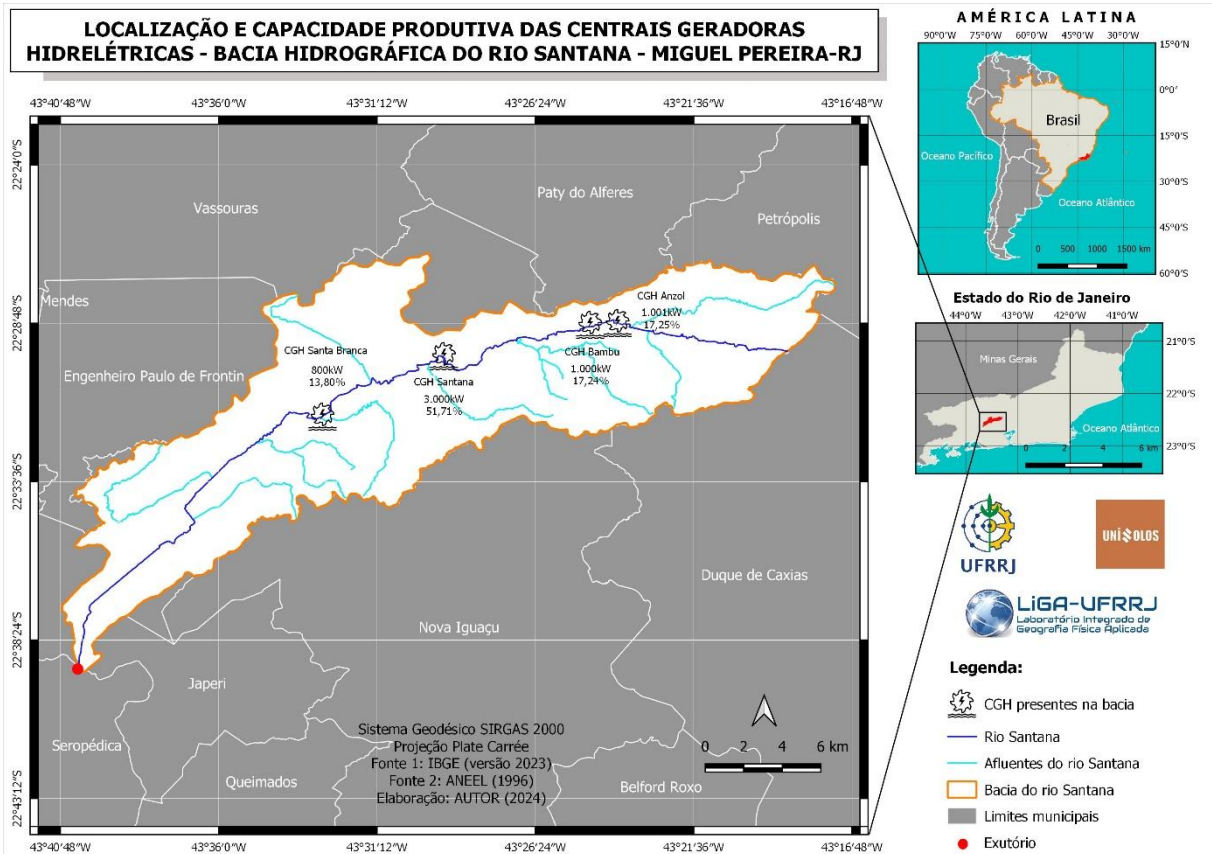
Dessa forma, apenas uma parte da energia gerada no rio Santana por empresas particulares é injetada no sistema da Light no município. De acordo com Jornal Regional (2018), o restante é vendido para 31 Lojas Americanas na cidade do Rio de Janeiro e para 30 lojas da rede Nossa Drogaria no município de Duque de Caxias-RJ. A (Tabela 1) mostra o proprietário; o nome fantasia; o tipo de usina; a unidade fiscal; o potencial de geração de energia de cada uma e o percentual produzido individualmente em relação à produção total.

Proprietário	Nome	Tipo	UF	Potência Instalada (kW)	Geração de energia (%)
Primo Energética Ltda	Anzol	CGH	RJ	1.001	17,25
Primo Energética Ltda	Bambu	CGH	RJ	1.000	17,24
Rio Power Participações S/A	Santana	CGH	RJ	3.000	51,71
Central Geradora Hidrelétrica Santa Branca Ltda.	Santa Branca	CGH	RJ	800	13,80
<b>Total produzido:</b>				<b>5.801</b>	<b>100</b>

**Tabela 1:** Capacidade de geração de energia elétrica das CGH presentes na bacia hidrográfica do rio Santana

**Fonte:** ANEEL (2015-2016). Elaborado pelo Autor (2025)

Convém destacar que existe uma pequena variação na produção de energia entre as CGH Anzol e Bambu (1kw) em decorrência da forma como elas foram construídas. A primeira está localizada na entrada, no canal de adução e a segunda na saída no canal de fuga do sistema fio d'água. Ocorre que após entrarem no canal de adução, e passarem pela casa de força da CGH Anzol, essas águas percorrem um trecho de aproximadamente 1,5km denominado pelo setor energético como Trecho de Vazão Reduzida ou simplesmente TVR, entram novamente em outra casa de força, porém, agora da CGH Bambu, para finalmente saírem no canal de fuga, onde serão devolvidas ao rio Santana. Essa diminuição da vazão nesse percurso ocasiona a diferença na produção elétrica acima mencionada. Em síntese, as CGH Anzol e Bambu trabalham em conjunto na geração de energia. Diferente da CGH Santana e da CGH Santa Branca que operam de forma independente. A (Figura 17) mostra a localização das Centrais Geradoras Hidrelétricas ao longo do rio Santana, suas capacidades produtivas e o seu percentual de contribuição em relação a capacidade total de geração de energia das quatro centrais.



**Figura 17:** Localização das Centrais Geradoras hidrelétricas, seus potenciais instalados e seus percentuais de contribuição na geração de energia elétrica em relação ao total produzido

**Créditos do ícone geração de energia:** Designed by Freepik

**Disponível em:** < [https://br.freepik.com/icone/geracao-energia-hidreletrica\\_22604](https://br.freepik.com/icone/geracao-energia-hidreletrica_22604) >

Observa-se que todas as usinas são do tipo CGH, pois se enquadram no que preconiza a PORTARIA nº 318, de 11 de agosto de 2017 do Ministério das Minas e Energia. Onde em sua redação, no Capítulo II, DA HABILITAÇÃO TÉCNICA E DO CADASTRAMENTO DE EMPREENDIMENTOS NA EPE; Art 3º; § 1º, dispõe sobre o seguinte: “§ 1º Para fins de Cadastro nos Leilões, de que trata o art. 1º, será enquadrado como CGH o aproveitamento hidrelétrico com potência inferior ou igual a 5.000 kW”. Logo, pode-se perceber que a potência nominal instalada em cada uma delas não ultrapassa o que determina a Portaria, se configurando assim, como Centrais Geradoras Hidrelétricas.

### 4.3 Estado atual da bacia

Esta é uma região que possui uma ocupação de longa data. Dessa forma, boa parte de sua extensão já foi bem descaracterizada. No entanto, ainda há áreas florestadas tanto fora quanto dentro das propriedades declaradas no Cadastro Ambiental Rural. Na região da bacia também existem áreas de uso consolidado e de uso restrito. Além é claro das áreas delimitadas como Áreas de Preservação Permanente. Por fim, os usos e a ocupação do solo delineiam os atuais arranjos espaciais e ditam as pressões que incidem sobre a bacia.



#### 4.3.1 Imóveis rurais: reserva legal, vegetação nativa, uso consolidado, uso restrito e APP

A Lei 12.651/2012; Capítulo I, Das Disposições Gerais; em seu Art. 3º; inciso III e IV, define a reserva legal como sendo a *“área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do Art. 12º, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa”*.

Assim, a legislação ambiental brasileira preconiza que todo o imóvel rural deve manter uma área com a vegetação nativa preservada ou restaurada. Essa área pode variar em função do bioma onde ela está localizada. Na Amazônia Legal, por exemplo, o percentual varia entre 20% e 80%, já nos demais biomas do país a recomendação é de manter no mínimo 20% da vegetação nativa como reserva legal.

A área rural de uso consolidado, é definida como sendo *“área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio”* (BRASIL, 2012).

Ainda atinente à Lei 12.651/12, no Capítulo III, Dos Usos Restritos; os Arts. 10º e 11º, definem as áreas de *“pantaneais e planícies pantaneiras, onde é permitida a exploração ecologicamente sustentável, devendo-se considerar as recomendações técnicas dos órgãos oficiais de pesquisa, ficando novas supressões de vegetação nativa para uso alternativo do solo condicionadas à autorização do órgão estadual do meio ambiente, com base nas recomendações mencionadas neste artigo”* e as *“áreas de inclinação entre 25º e 45º, onde serão permitidos o manejo florestal sustentável e o exercício de atividades agrossilvipastoris, bem como a manutenção da infraestrutura física associada ao desenvolvimento das atividades, observadas boas práticas agronômicas, sendo vedada a conversão de novas áreas, excetuadas as hipóteses de utilidade pública e interesse social”*, respectivamente.

Na bacia hidrográfica do rio Santana, as áreas de vegetação nativa naturais e dentro das áreas de reserva legal encontram-se espalhadas por toda sua extensão. No tocante às áreas de uso restrito, todas são da categoria uso restrito para declividade de 25 a 45 graus. A bacia apresenta duzentas e vinte e sete propriedades com remanescentes de vegetação nativa e duzentas e sessenta e nove com áreas de reserva legal. Isso, quantificado dentro dos trezentos e quinze imóveis que estão cadastrados no Cadastro Ambiental Rural (CAR) até o momento da realização da pesquisa. As (Figuras 18 e 19) mostram como estão distribuídas essas informações ao longo da bacia. A (Figura 20) expressa graficamente os valores acima mencionados.

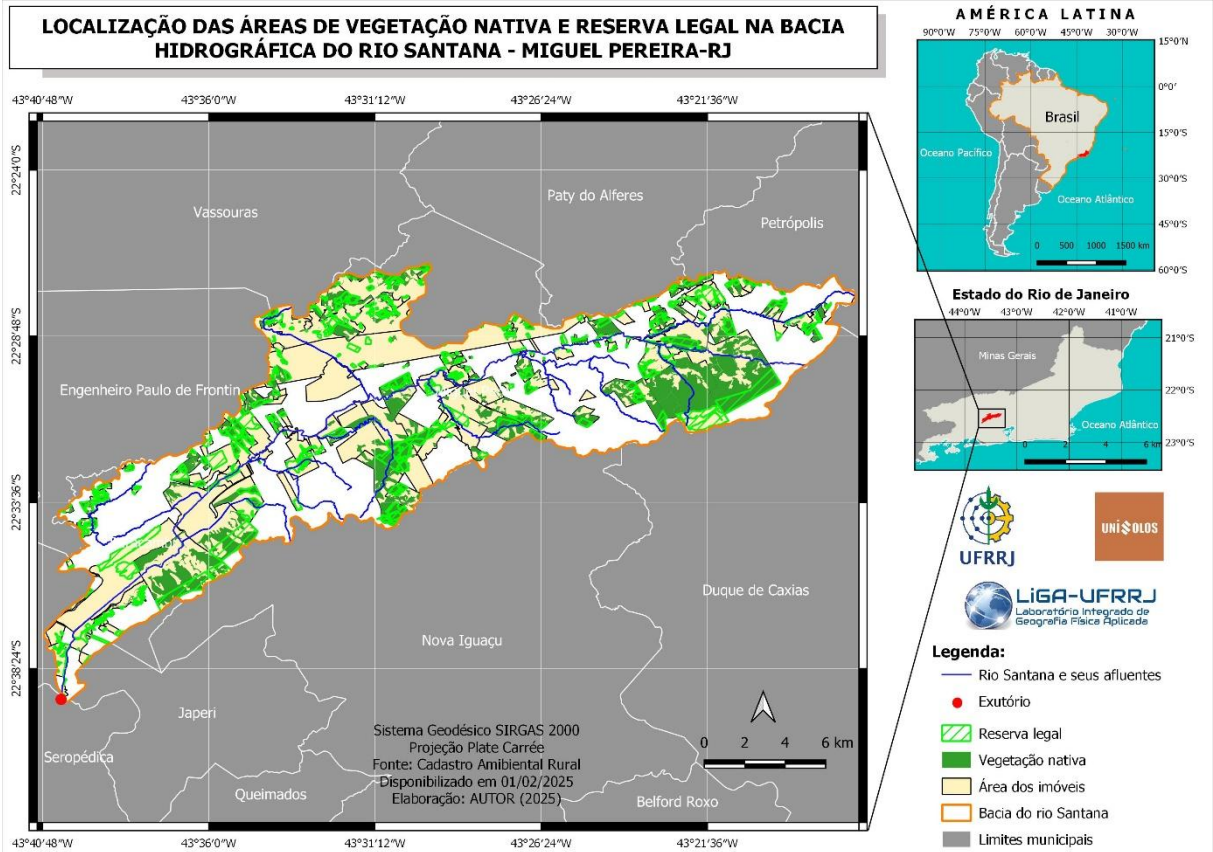


Figura 18: Distribuição da vegetação nativa e reserva legal pela bacia hidrográfica do rio Santana

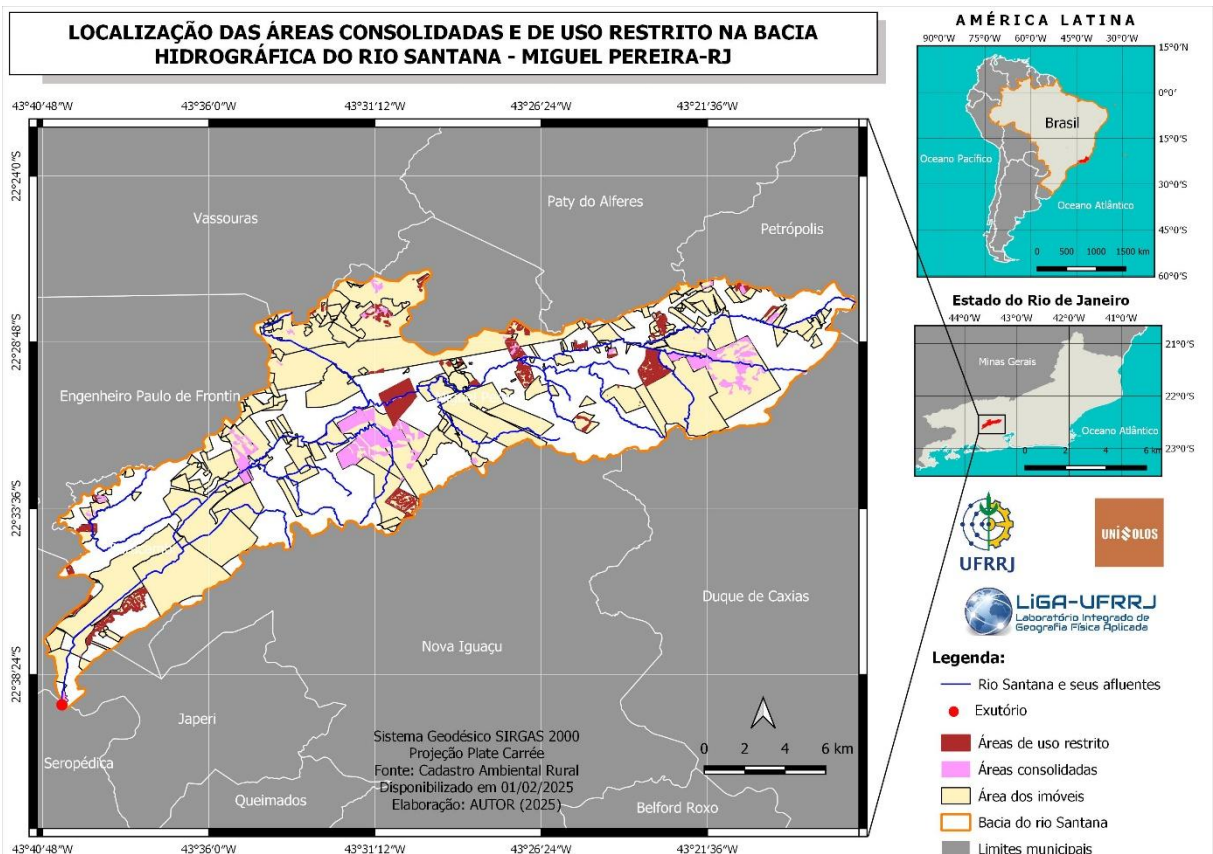
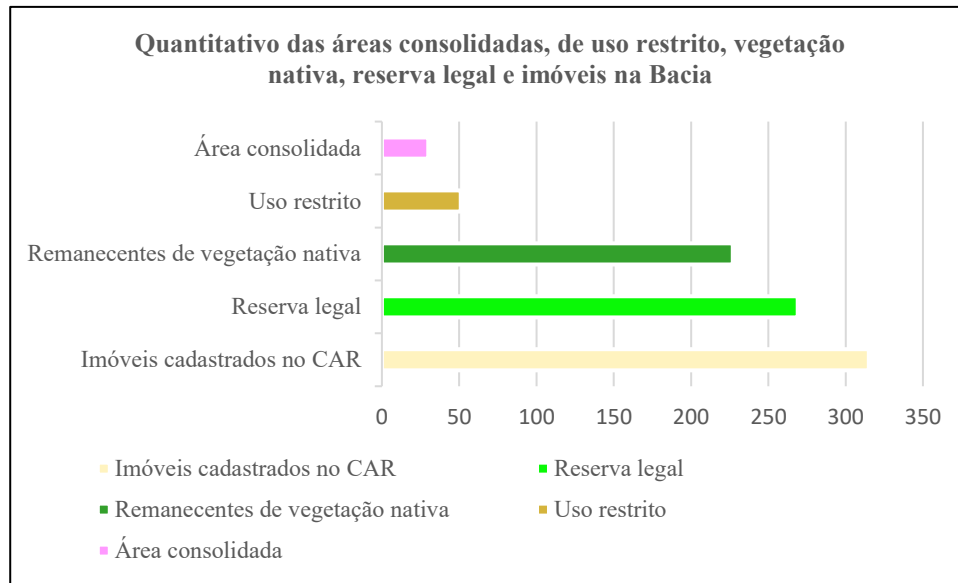


Figura 19: Distribuição das áreas consolidadas e de uso restrito da bacia hidrográfica do rio Santana



**Figura 20:** Propriedades cadastradas no (CAR) existentes na bacia; áreas de reserva legal; áreas de vegetação nativa; áreas de uso restrito e áreas de uso consolidado

**Fonte:** Cadastro Ambiental Rural (2025). Elaborado pelo Autor (2025).

#### 4.3.2 Áreas de Preservação Permanente (APP)

A Lei 12.651/2012; Capítulo I, Das Disposições Gerais; em seu Art. 3º; inciso II, define as Áreas de Preservação Permanentes como sendo a “*área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas*”.

Estão presentes na bacia áreas de Preservação Permanente como: topo de morro; declividade maior do que 45 graus; beira de rio; nascentes; olhos d’água; lagos naturais e veredas. Esta última, de acordo com a Resolução CONAMA nº 303 de 20 de março de 2002 é definida como: “faixa marginal com projeção horizontal; com largura mínima de 50 metros a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado. São ambientes sensíveis, especialmente importantes para a conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade”.

Vale ressaltar que muitas áreas de preservação permanente na bacia encontram-se em estágio de degradação, necessitando serem recuperadas. A recomposição das áreas de APP é algo fundamental e extremamente urgente. Principalmente em relação às nascentes, olhos d’água e beira de rios. Esta é uma urgência não só do bioma Mata Atlântica como de todos os outros biomas.

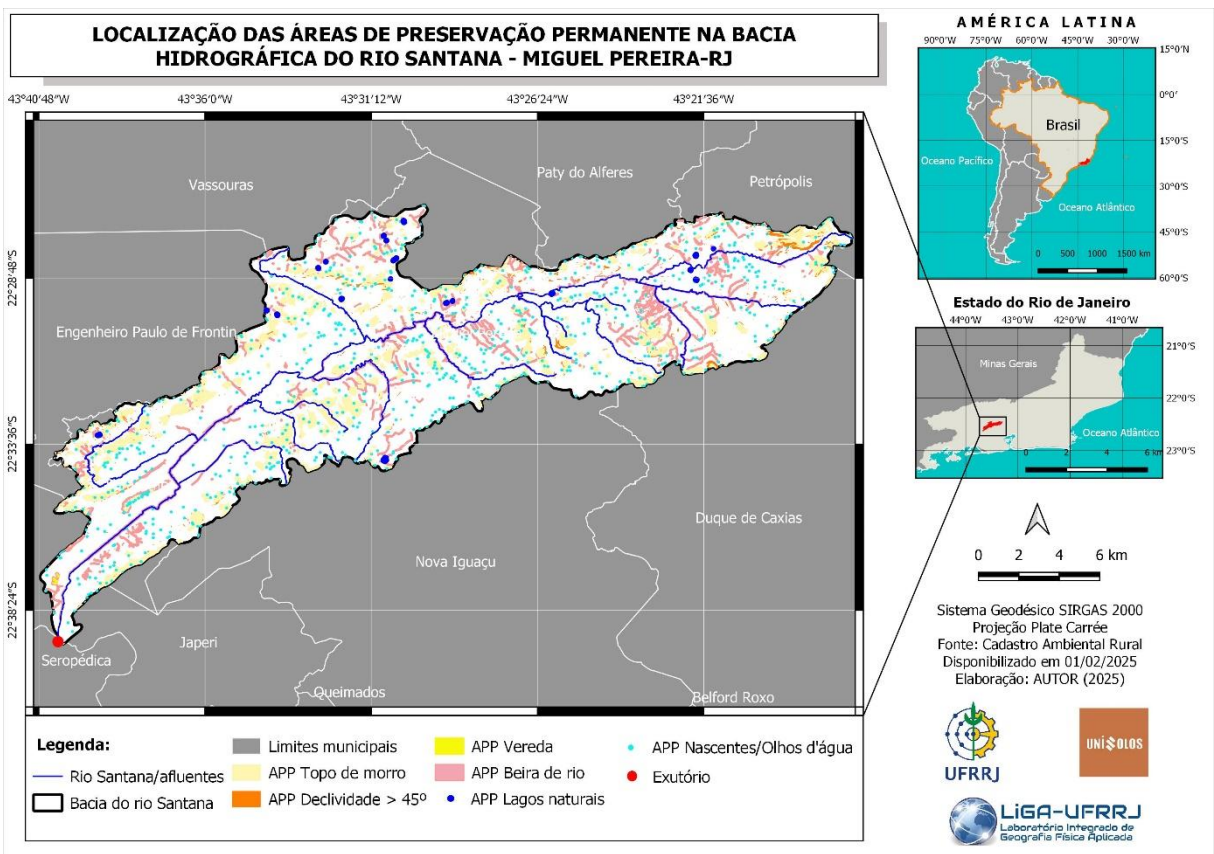
Corroborando com a narrativa, Attanasio et al. (2006), afirmam que “a restauração florestal em propriedades rurais tem se concentrado principalmente no ambiente ciliar (APP beira de rio), pois nas microbacias hidrográficas, as matas ciliares desempenham importante papel ambiental ao proteger o sistema hídrico”. De acordo com Anand; Desrochers (2004), “a restauração se inicia com a criação de condições que impulsionem os caminhos da sucessão, e os trabalhos de revegetação de áreas degradadas”.

No entanto, a recuperação de uma área degradada é algo que exige muito tempo para começar a aparecerem os impactos positivos mais consistentes da regeneração. Normalmente,

em torno de 5 a 10 anos (AQUINO, 2006; BARBOSA, 2000; BUDOWSKY, 1965). Portanto, é preciso que seja dada uma atenção especial a este tema e que as ações de restauração se iniciem o quanto antes. Principalmente se tratando de uma bacia hidrográfica que tem uma enorme relevância para o município.

Do ponto de vista ecológico, também é de suma importância a recuperação de matas ciliares. Sendo elas, “consideradas como corredores extremamente importantes para o movimento da fauna ao longo da paisagem, assim como para a dispersão vegetal, pois são áreas de extrema necessidade ambiental, as matas ciliares dão vida ao corpo hídrico, a fauna e a flora” (TRIQUET et al., 1990; GREGORY et al., 1992).

No trabalho realizado por Silva et al. (2024), os autores destacam a importância de se restaurar e conservar as nascentes e toda a vegetação do seu entorno uma vez que asseguram a qualidade dos recursos hídricos e o regime da vazão de água dos rios. Além de ajudarem a estabilizar os solos, contribuindo para evitar assoreamento dos cursos d’água. Ademais, se configuram como ótimos corredores ecológicos que efetivamente contribuem para a manutenção da biodiversidade e do ecossistema local. A (Figura 21) mostra como essas áreas distribuídas pela região da bacia.



**Figura 21:** Distribuição das áreas de preservação permanente pela bacia hidrográfica do rio Santana

### 4.3.3 Uso e ocupação

No que tange ao uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Santana, 15140,57ha são de formações florestais nativas; 348,30ha são de silvicultura; 16,65ha são de campo alagado; 9636,80ha são de pastagem; 6600,78ha são de mosaico de usos<sup>2</sup> ; 214,42ha são de áreas urbanizadas; 10,03ha são de áreas não vegetadas; 38,10ha são de afloramento rochoso; 4,02ha são de mineração (extração de areia e saibro) e 15,31ha é a somatória de todos os lagos que se encontram dispersos pela região da bacia. Conforme pode ser visto na (Tabela 2).

Classes	Área em hectare	Percentual de uso
Formação florestal	15.140,57	47,28%
Silvicultura	348,30	1,09%
Campo alagado	16,65	0,05%
Pastagem	9.636,80	30,09%
Mosaico de usos	6.600,78	20,61%
Área urbanizada	214,42	0,67%
Outras áreas não vegetadas	10,03	0,03%
Afloramento rochoso	38,10	0,12%
Mineração	4,02	0,01%
Lagos	15,31	0,05%
<b>Área total da bacia</b>	<b>32.024,98</b>	<b>100%</b>

**Tabela 2:** Extensão em hectares e percentual de uso das classes analisadas na bacia

**Fonte:** MapBiomass coleção 2 | SENTINEL-2 Resolução Espacial 10 metros (2023) Elaborado pelo autor (2025)

Analisando atentamente a tabela acima alguns pontos com mais expressividade merecem algumas considerações. As áreas com formação florestal nativa ainda ocupam uma boa parte da bacia. Representam 47,28% da área total. Por outro lado, as áreas de pastagem aparecem como a segunda classe analisada com mais expressividade na região, representando 30,09% da área. Porém, se somar o percentual de áreas de pastagem às áreas de mosaico de usos o resultado é de 50,07%, isso representa mais da metade da área total da bacia. Visualizando esse quantitativo em termos de hectares, são 16.237,58ha comprometidos com essas duas classes em face dos 32.024,98ha da área total da bacia.

Resultados semelhantes foram encontrados na análise da bacia hidrográfica do rio Poxim, no estado de Sergipe. Nesta bacia, a pastagem (40,54%) e cultivos agrícolas (15,63%) se configuram como as principais formas de uso do solo, representando 56,17 % da área total da bacia (COSTA, 2011). O autor ainda reitera que tais áreas abertas para a utilização como pastagens estão sujeitas a intensa insolação o que implica diretamente erosão da biodiversidade nestes locais.

A situação que ocorre atualmente na bacia hidrográfica do rio Santana, torna-se preocupante, uma vez que as áreas destinadas a esse tipo de atividade normalmente possuem pouca ou nenhuma formação florestal. Em sua maioria caracterizam-se por grandes extensões de campo aberto sem a presença de grupamentos florestais. Muitas vezes, as pequenas

<sup>2</sup> Segundo a classificação do Projeto MapBiomass, são áreas de uso agropecuário onde não é possível distinguir entre pastagem e agricultura.



“manchas” existentes são insuficientes para reterem a umidade e formarem nuvens de chuva sobre a região, contribuindo com a recarga hídrica da bacia. O elemento arbóreo é fundamental para a conservação e manutenção de um ecossistema de processo-resposta como ocorre, por exemplo, em uma bacia hidrográfica, tendo em vista a função que ele cumpre.

Nas demais classes, que aparecem como menor expressividade, mas que são oriundas de ações antrópicas, tem-se a silvicultura com um total de 348,30ha correspondendo a 1,09% da área. Embora se esteja falando de árvores, na maioria das vezes são espécies exóticas, normalmente eucaliptos, e que são plantados com fins comerciais, ou seja, entre 7 e 10 anos são abatidos e não estarão mais presentes na região. Até que uma nova leva seja plantada e cresça o suficiente para reter a umidade.

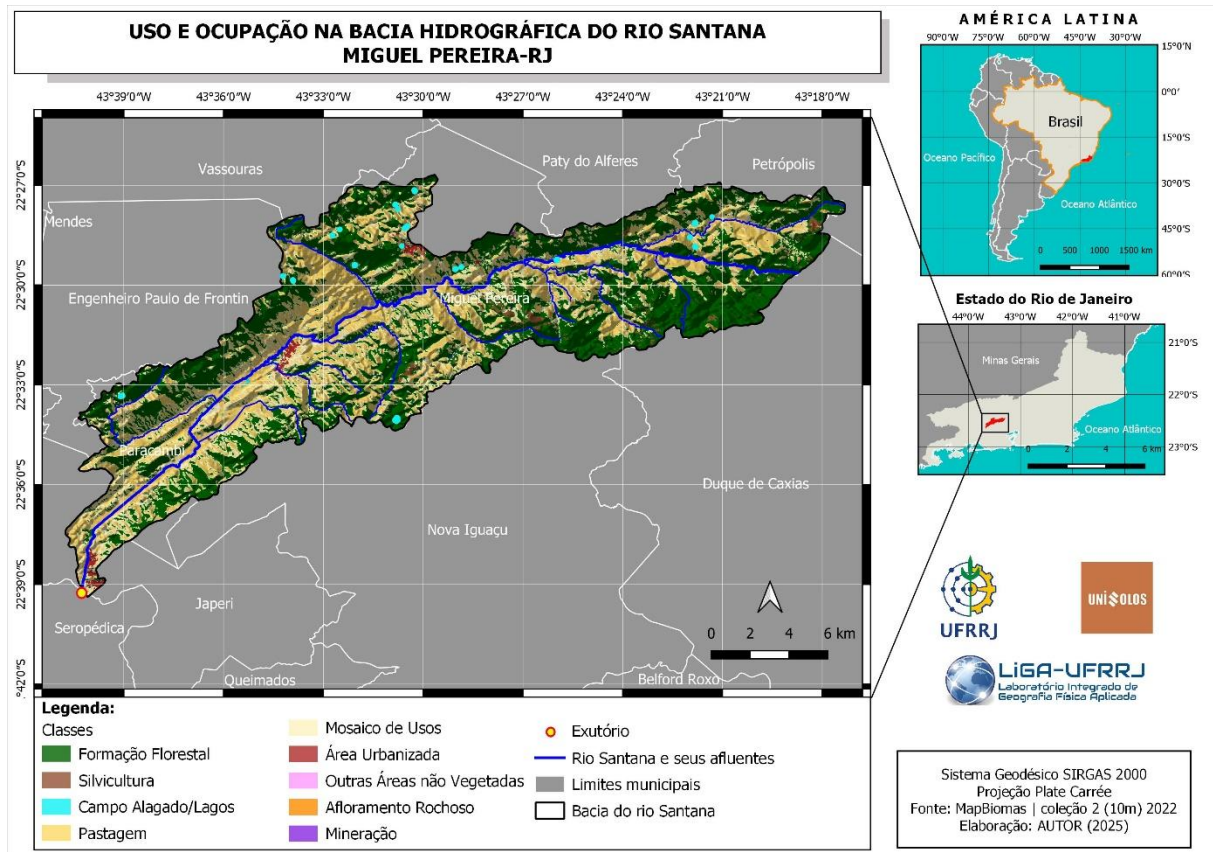
Em relação a serem exóticas, ocorre que no bioma de Mata Atlântica as folhas das árvores são latifoliadas, ou seja, são folhas largas e amplas com uma boa superfície de contato que retém melhor a umidade. Essa retenção, produz uma boa evapotranspiração, e forma posteriormente grandes massas úmidas sobre o dossel das matas desse bioma. São árvores que se agrupam densamente e que geralmente atingem grandes alturas, o que facilita a retenção das massas úmidas que passam pela região. No caso dos eucaliptos, suas folhas são menores e finas e retem uma quantidade bem menor de umidade. Conseqüentemente também uma menor evapotranspiração, menor formação de massas úmidas e menor recarga hídrica para a bacia.

A classe área urbanizada ainda é bem pequena em relação à área total da bacia, são 214,42ha representando 0,67% da área. No entanto, o crescimento da urbanização é uma tendência comum de acontecer. Neste sentido, é necessário que haja planejamento na ocupação antrópica para que não venha degradar uma área que é por lei de uso sustentável. Em outras palavras, a ocupação humana na bacia é permitida desde algumas normas e regras presentes na legislação brasileira sejam cumpridas.

Atinente à classe mineração, existem áreas pontuais na bacia com extração de areia e saibro que são utilizados na construção civil e movimentam esse mercado no município. Se somadas, elas formam 4,02ha, isso corresponde a 0,01% da área total da bacia. Um percentual bem pequeno, mas que também requer uma certa atenção sobre o assunto. Uma vez que interfere diretamente no balanço sedimentar da bacia. Podendo, caso seja intensificada essa prática, acabar ocasionando em alguns pontos erosão e em outros assoreamento. As demais classes analisadas refletem as características da fisiografia da bacia. Para mais informações acesse<sup>3</sup>. A (Figura 22) mostra os usos e a ocupação que está sendo dado a esse recorte espacial.

---

<sup>3</sup> Para maiores informações sobre o método adotado pelo Projeto MapBiomias na elaboração de suas coleções de uso e cobertura da terra, acesse: <[https://brasil.mapbiomas.org/metodo\\_cobertura\\_e\\_uso/](https://brasil.mapbiomas.org/metodo_cobertura_e_uso/)>



**Figura 22:** Distribuição dos usos e da ocupação na bacia hidrográfica do rio Santana

**Fonte:** "Projeto MapBiomas - Coleção 2 de Mapas Anuais de Cobertura e Uso da Terra do Brasil com 10 metros de resolução espacial, acessado em [05/01/2025] através do link: [https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/initiatives/brasil/lulc\_10m/collection\_2/integration/mapbiomas\_10m\_collection2\_integration\_v1-classification\_2023.tif]".

#### 4.3.4 Pressões encontradas na bacia durante o trabalho de campo

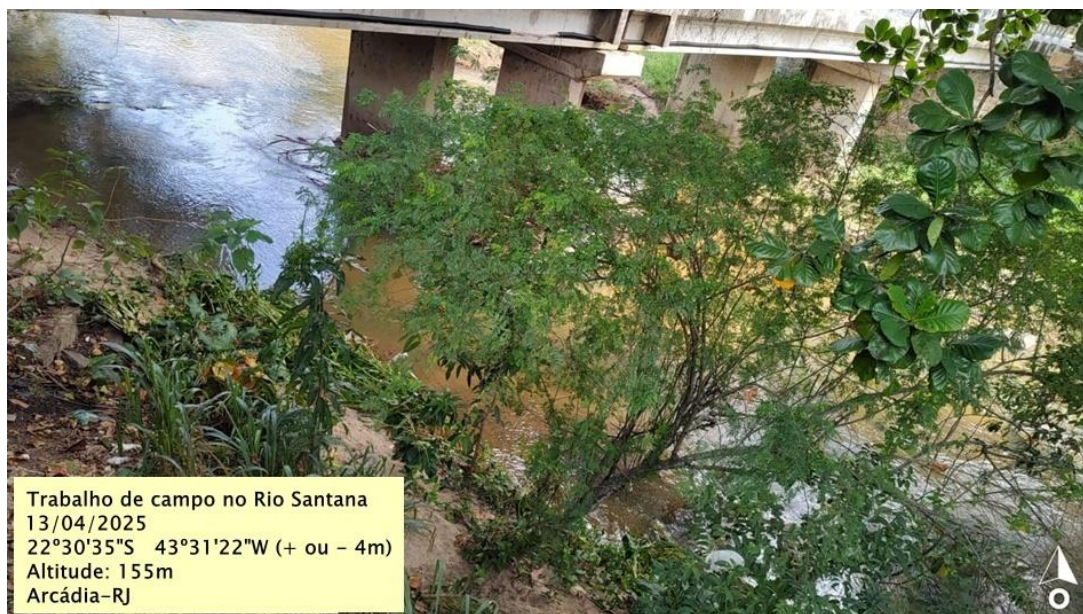
Em primeiro lugar, ressalta-se que o trabalho de campo foi realizado na parte média e baixa do curso do rio Santana. O acesso à parte alta do seu curso foi inviabilizado em decorrência das constantes chuvas fortes que caíram no período que a pesquisa foi realizada, e também dos lugares de difícil acesso. Na parte onde foi possível a realização do trabalho de campo, convém destacar que: do ponto “a” até o ponto “e” foi possível o acesso direto aos locais dos registros fotográficos. Porém, os pontos “f” e “g”, localizados mais próximos da sua foz no rio Guandu, no município de Japeri-RJ, os registros tiveram que ser feitos com imagens aéreas do Google Earth Pro, em decorrência de serem áreas de risco, que se encontram dominadas pelo tráfico. Não sendo possível adentrá-las.

Também é interessante informar que os registros fotográficos contêm: o nome do projeto; a data do registro fotográfico; as coordenadas geográficas; a margem de erro para mais ou para menos em metros; a altitude também em metros e o local (estrada, bairro, etc.), o estado da federação e a orientação da bússola. Processados através do software Conota Câmera GPS Profissional, em sua versão gratuita, disponibilizada no site da *Play Store*. Atualizado em 21 de março de 2025.



Durante o trabalho de campo foi possível detectar algumas pressões que atualmente incidem sobre a bacia. Foram analisados oito pontos ao longo do curso do rio, ou seja, os pontos (a; b; c; d; e; f; g) Dentre elas, podemos destacar: **(a)** ausência de mata ciliar; **(b)** solapamento e deposição de sedimentos; **(c)** assoreamento; **(d)** construções irregulares às margens do rio; **(e)** extensas áreas sem cobertura vegetal ao longo do seu curso d'água; **(f)** extração de areia e **(g)** outro ponto de assoreamento, mesmo existindo mata ciliar.

O problema da ausência de mata ciliar é uma constante ao longo do curso d'água do rio Santana. A (Figura 23), mostra no bairro Arcádia, próxima à ponto sobre o rio Santana, a ausência de mata ciliar e a deposição de sedimentos. Convém salientar que a ausência da mata ciliar contribui para o processo de solapamento em épocas de cheia quando o rio aumenta a sua energia. Este processo também foi detectado na bacia e é mostrado a seguir.



**Figura 23:** Ponto “a” (bairro Arcádia-RJ). Ausência de mata ciliar

**Fonte:** Acervo pessoal (2025)

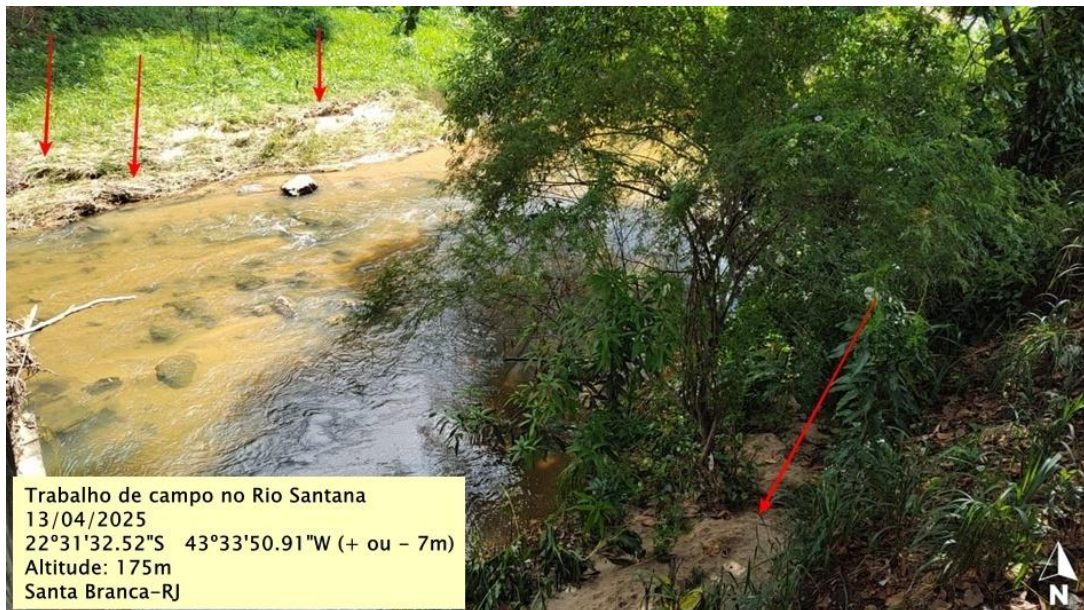
Como salienta de Aquino; Sant’Ana; do Nascimento (2024) em seu trabalho, a degradação de áreas de preservação permanente, principalmente as áreas de mata ciliar, é uma realidade que ocorre com frequência nos processos de ocupação no Brasil. A retirada das matas de galeria, além gerar o assoreamento do rio também dificulta a recuperação dessas áreas.

Como é possível perceber, a presença mata ciliar é fundamental em vários aspectos ambientais. De acordo com Steinblums, Froehlich; Lyons (1984), ela “é um importante componente dos sistemas lóticos. Sua presença impede que haja arraste excessivo de sedimentos para o rio, além de interceptar e absorver a radiação solar. Contribuindo para a estabilidade dos pequenos cursos d’água. Corroborando com a narrativa dos autores, Naiman; Decamps; Pollock (1993), reiteram que “esse tipo de vegetação serve de corredor para a dispersão de indivíduos e é *habitat* para muitas espécies de animais, contribuindo para a manutenção da riqueza em espécies”.

O problema de solapamento aparece em vários outros pontos ao longo do curso do rio. O registro relatado a seguir (Figura 24), foi feito no bairro Santa Branca. Nele, observa-se na margem esquerda (no sentido que o rio drena) a erosão, devido a escavação ocorrida pelo



aumento da energia do rio (em épocas de cheia) e pela ausência da mata ciliar. E na margem direita a deposição de sedimentos. Vale ressaltar que o solapamento além de deformar o leito do rio também contribui para que o material erodido se deposite mais adiante, nos locais onde o rio tem menos energia. Ocasionalmente novos pontos de assoreamento ao longo do canal. A depender da intensidade do solapamento, grandes quantidades de material erodido podem ser removidos, transportados e depositados formando imensos bancos de areia. Como é possível perceber na (Figura 25) mais adiante.



**Figura 24:** Ponto “b” (bairro Santa Branca-RJ). Solapamento e deposição de sedimentos

**Fonte:** Acervo pessoal (2025)



**Figura 25:** Ponto “c” (bairro Santa Branca-RJ). Intenso assoreamento e formação de um imenso banco de areia

**Fonte:** Acervo pessoal (2025)



Neste registro fotográfico, na margem direita (no sentido que o rio drena), é possível perceber a mata ciliar intacta. Porém, na margem esquerda, ela não existe mais. Foi retirada provavelmente para cercamento do limite da propriedade e talvez para um início de plantação. Vide algumas bananeiras e mamoeiro ao fundo. Também é nítido o imenso banco de areia ocasionado pela alteração no balanço sedimentar do rio, que se mistura a uma tênue vegetação ripária que ainda resiste e este processo. Observa-se que o banco de areia ocupa quase a mesma largura do canal fluvial. Bem ao fundo, ainda é possível uma construção irregular, não respeitando a área de APP.

No trabalho de Schroeder (1996), o autor afirma que “a perda da cobertura florestal aumenta a quantidade e a velocidade do escoamento superficial com o conseqüente aumento da capacidade de arraste e transporte de material”. O autor também salienta que a ação das chuvas promove a desagregação de colóides e deixa a paisagem menos “áspera”. Com isso, o escoamento superficial, quer seja em encostas quer seja no próprio leito dos rios acaba causando um desequilíbrio nos processos erosivos que já são comuns de acontecer em ambientes de bacias hidrográficas.

Em seu trabalho, Lutzenberger (2020), afirma que bacias hidrográficas altamente desmatadas e desprovidas de vegetação nativa sofrem um intenso processo de perda da qualidade da água em face dos processos erosivos que carregam os sedimentos para dentro do canal principal. Ocasionalmente aumentando a turbidez e assoreamento dos rios.

Em relação às construções irregulares, existem várias distribuídas ao longo do curso do rio Santana e também em alguns de seus afluentes. Como é o caso do Córrego Mangueiras (um dos seus afluentes da margem esquerda). Os dois registros fotográficos a seguir (Figuras 26 e 27), localizam-se no bairro Mangueiras, no município de Miguel Pereira-RJ. No primeiro, é possível perceber as construções erguidas dentro da planície de inundação do rio. Não respeitando os 30 metros preconizados pela legislação brasileira para áreas de preservação permanentes em rios de até 10 metros de largura, como é o caso do afluente em questão, no ponto de registro da imagem.

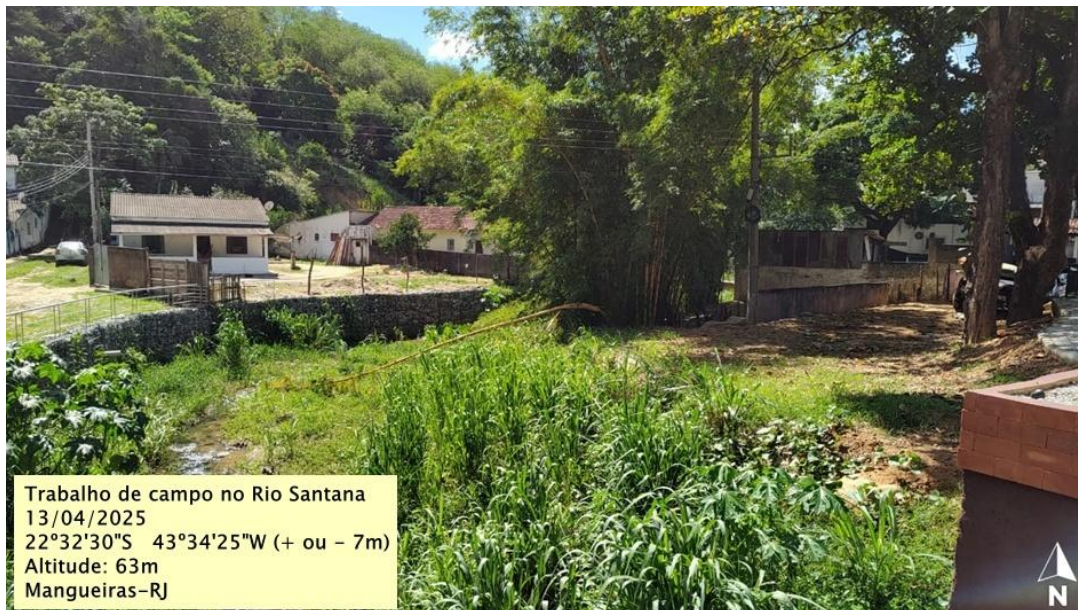


**Figura 26:** Ponto “d” (bairro Mangueiras-RJ). Construções irregulares

**Fonte:** Acervo pessoal (2025)



No segundo, percebe-se outras construções erguidas também na planície de inundação do referido afluyente. Inclusive com a presença de arruamento e posteamento de energia e iluminação pública. Neste registro, destaca-se que houve intervenção da prefeitura realizando obras de contenção nas margens do rio em decorrência da sua destruição por solapamento em épocas que o volume de água aumenta consideravelmente. A obra foi realizada para garantir o acesso à rua e as às residências que se encontram após o leito do rio. Ressalta-se que a retirada da mata ciliar contribui significativamente para a erosão das margens dos rios, contribuindo para potencializar o processo de solapamento.



**Figura 27:** Também no ponto “d” (bairro Mangueiras-RJ). Construções irregulares  
**Fonte:** Acervo pessoal (2025)

Além das pressões supracitadas, também é muito comum encontrar na parte média e baixa da bacia, extensas áreas sem cobertura vegetal arbórea. Essas áreas normalmente são utilizadas como imensos campos de pastagem, como é possível ver na (Figura 28). Os “pontos” brancos espalhados são bois da raça nelore pastando. Outro ponto que vale a pena destacar é que essa falta de cobertura vegetal arbórea influencia significativamente na recarga hídrica da bacia, pois a retenção das massas úmidas, a depender da orientação que elas vierem, pode não acontecer ou ocorrer de forma incipiente, passando pela região da bacia e a precipitação ocorrer em outros locais mais distantes.

Neste registro fotográfico, apenas a margem direita do rio Santana apresenta boa cobertura vegetal arbórea. No entanto, isso não se configura ao longo de todo o curso do rio. Em muitos locais da bacia, existem apenas algumas colinas sem vegetação arbórea, retirada provavelmente na época do auge do café, e que hoje são utilizadas com outras culturas. Estas por sua vez, por não possuírem mais a cobertura arbórea, se configuram apenas como barreiras orográficas para as massas úmidas que passam pela região, a depender da intensidade e orientação geográfica dessas massas. Vale destacar que essas barreiras orográficas influenciam o clima e a vegetação da região.



Em seu trabalho, Pedreira et al., (2009), concluíram que “a remoção de parte da sua cobertura vegetal original, sobretudo das matas ciliares, associada ao uso inadequado das terras e à retificação dos cursos dos rios principais tem acentuado os seus processos de erosão e de assoreamento”. No caso das bacias por eles analisadas, o lançamento de esgoto *in natura*; a expansão urbana desordenada e a instalação de indústrias contribuem ainda mais para o agravamento dos problemas ambientais.



**Figura 28:** Ponto “e” (bairro Paes Leme). Extensas áreas sem cobertura arbórea ao longo do curso d’água utilizadas como pastagem

**Fonte:** Acervo pessoal (2025)

Os próximos dois registros fotográficos (pontos “f” e “g”) foram realizados com a ajuda da ferramenta Google Earth Pro. No primeiro, é possível ver a draga puxando areia diretamente no leito do rio Santana (Figura 29). Neste sistema de extração, a areia é retirada do rio por bombeamento e depositada próxima à margem, formando um imenso monte de areia. A água que vem junto com a areia no bombeamento, volta por gravidade para o leito do rio ficando só a areia no local. Por esse motivo a deposição é realizada próxima à margem. Normalmente há uma escavadeira carregadeira para acertar o caminho e liberar o acúmulo de areia para que a água possa retornar ao canal. Ela também é utilizada para encher os caminhões com a areia extraída do rio. Essa areia é mais conhecida como areia fina lavada e é muito utilizada na construção civil.



**Figura 29:** Ponto “f” (Japeri-RJ). Extração de areia no leito do rio Santana

**Fonte:** Google Earth Pro (2025)

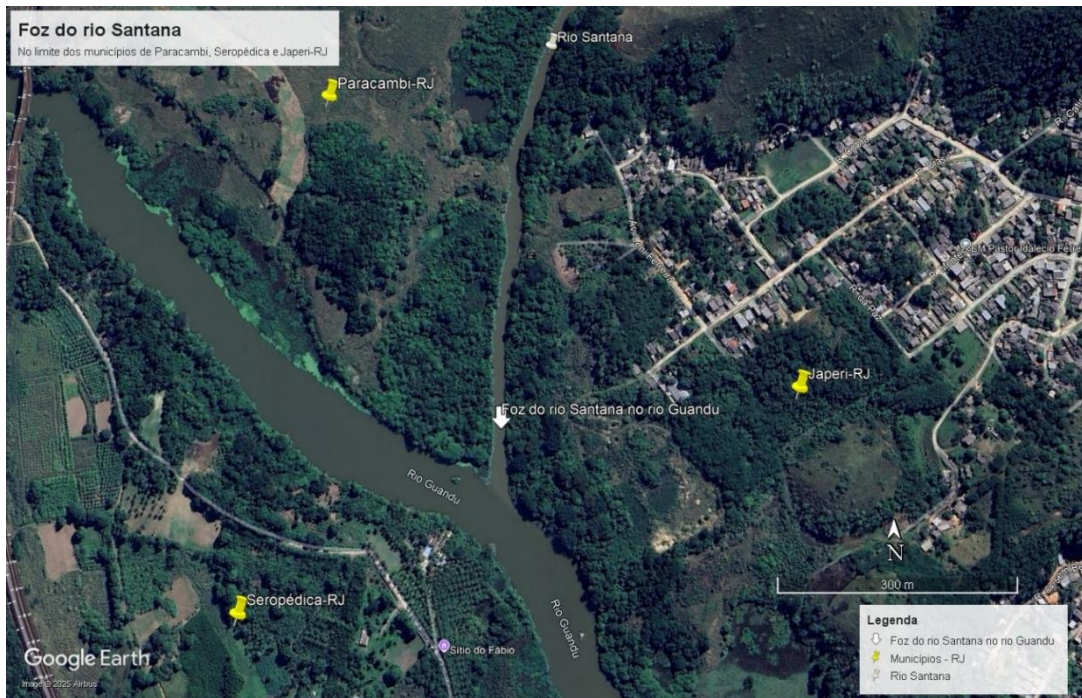
No segundo registro, observa-se outro ponto em que o rio se encontra assoreado (Figura 30). Este, porém, chama a atenção pelo fato de ocorrer em um local onde ainda existe a mata ciliar. Embora, na margem esquerda (sentido que o rio drena), percebe-se que ela já foi alterada com a presença de bananeiras. Mesmo assim, suas margens estão de certa forma protegidas. Vale ressaltar que o acúmulo de sedimentos reduz a profundidade do rio; afeta o ecossistema local; diminui a capacidade de armazenamento de água no canal, além de alterar o seu fluxo, dentre outras consequências negativas.



**Figura 30:** Ponto “g” (Japeri-RJ). Mais um ponto de assoreamento do rio Santana

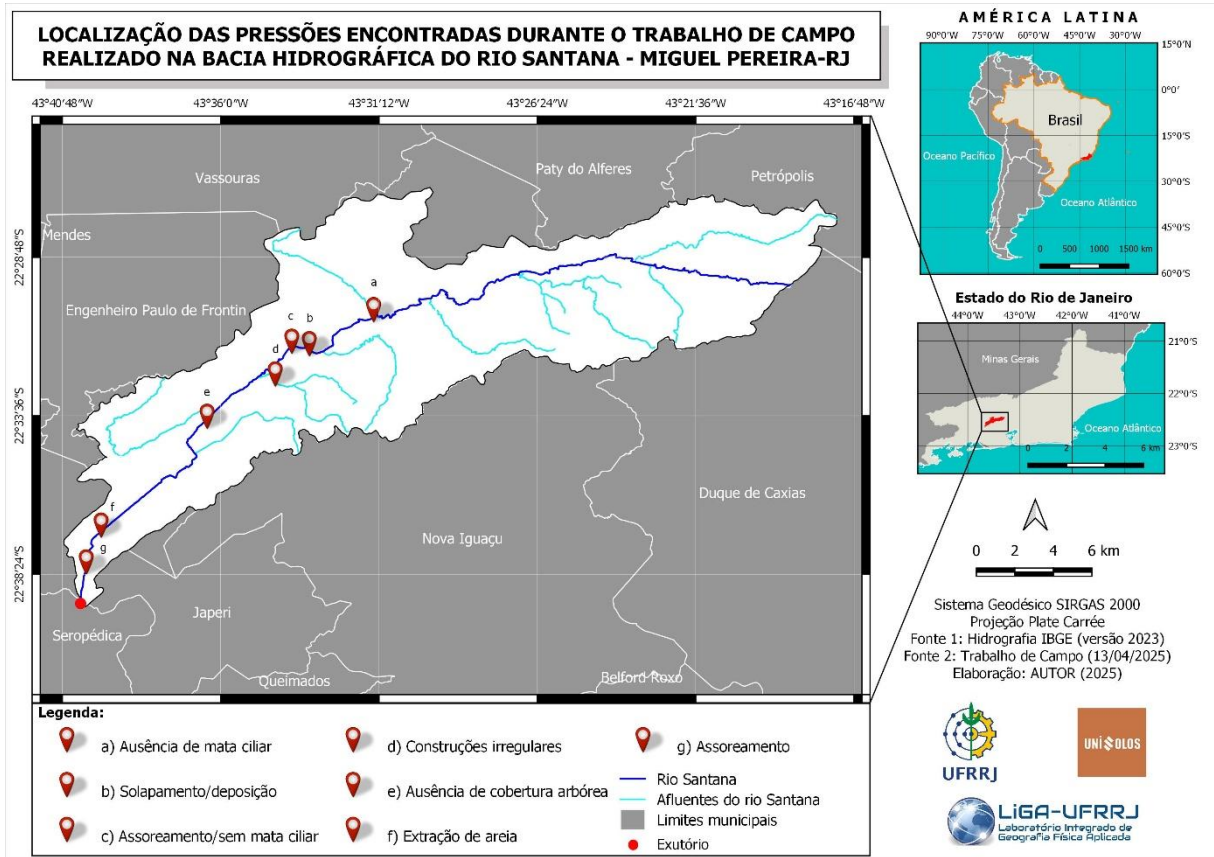
**Fonte:** Google Earth Pro (2025)

Por fim, a (Figura 31) mostra a exata localização onde o rio Santana deságua no rio Guandu. Sua foz se localiza na divisa dos municípios de Paracambi, Seropédica e Japeri no estado do Rio de Janeiro. Do ponto de vista político administrativo, usualmente os rios servem como delimitadores, delimitando divisas entre municípios. Convém destacar que o rio Santana é o maior afluente do rio Guandu, contribuindo com água de qualidade e em quantidade significativa. Ele, junto com rio Ribeirão das Lajes formam o canal principal do rio Guandu, responsável por abastecer a cidade do Rio de Janeiro e parte da sua região Metropolitana.



**Figura 31:** Localização da foz do rio Santana no rio Guandu. Divisa dos municípios de Paracambi, Japeri e Seropédica  
**Fonte:** Google Earth Pro (2025)

Convém salientar que nos pontos analisados durante o trabalho de campo (do ponto “a” ao ponto “e”, os quais situam-se dentro do município de Miguel Pereira-RJ), não foram detectados esgoto *in natura* sendo despejado no leito do rio. Nestas áreas o descarte do esgoto é feito através de sumidouros. Também não foram encontrados nestes pontos descartes de resíduos sólidos no leito do rio Santana. O município conta com uma coleta comum e seletiva, realizada de maneira efetiva, através do Programa Lixo Zero da Prefeitura Municipal de Miguel Pereira (PMMP, 2025). A localização dos pontos analisados *in locus* e através do Google Earth Pro podem ser visualizados na (Figura 32).



**Figura 32:** Pressões encontradas no trabalho de campo na bacia hidrográfica do rio Santana

### 4.3.5 Dinâmica de infiltração e retenção de água na bacia em função dos tipos de solos encontrados na região

Na presente pesquisa foram utilizados dados legados em face do tempo reduzido para a conclusão da mesma, bem como do elevado custo das análises laboratoriais necessárias para cobrir toda extensão da bacia em uma análise mais detalhada. Desse modo, foram utilizados dados pedológicos IBGE, os quais permitem uma visão panorâmica dos tipos de solos existentes na região. Assim, é possível se ter, mesmo que ainda de forma generalizada, uma noção de como os solos desta bacia se comportam em relação a dinâmica hidrológica de infiltração e retenção. A (Tabela 3), mostra as classes de solos encontrados na bacia; o tipo de topografia; a área em quilômetros quadrados; o percentual de ocorrência e como ocorre a sua dinâmica de infiltração e retenção de água.

Classes de solos <sup>4</sup>	Topografia	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual de ocorrência na bacia	Infiltração	Retenção
CXbd	Montanhosa	116,52	36,38%	alta	média
PVAa	Montanhosa e forte ondulada	93,06	29,05%	média	média
LAd	Ondulada	41,36	12,91%	baixa	média a baixa
LVAd	Montanhosa e forte ondulada	39,84	12,44%	baixa a média	baixa a média
LVD	Forte ondulada e montanhosa	15,76	4,92%	média	média
PVAd:	Suave ondulada e ondulada	13,70	4,30%	média a baixa	alta

**Tabela 3:** Classes de solos existentes na bacia; topografia; área que esses solos ocupam em quilômetros quadrados; o percentual de ocorrência; além do tipo de infiltração e retenção

**Fonte:** Adaptado de EMBRAPA (2021). Elaborado pelo Autor. (2025)

Analisando cada classe de solo existente na bacia, é possível fazer algumas considerações. Os Cambissolos Háplicos Tb Distróficos, geralmente têm alta capacidade de infiltração. No entanto, fatores como a ausência de matéria orgânica ou a compactação do solo podem reduzir essa capacidade. Já a retenção de água nesses tipos de solo é de média a baixa. Essa característica é influenciada por sua estrutura e composição, ou seja, sua estrutura média a granular e pela presença de poros de diferentes tipos. Além da textura levemente argilosas (EMBRAPA, 2021).

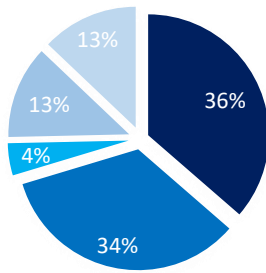
Os Argissolos Vermelho-Amarelo Alumínico (PVAa) têm infiltração moderada em decorrência da presença de argila no horizonte B textural que, em face da sua menor porosidade e conseqüentemente menor percolação de água, pode dificultar esse processo. Em seus horizontes, a presença de petroplintita e concreções podem agravar ainda mais a infiltração. A retenção de água nesses tipos solos também é moderada. A presença de argila e também de matéria orgânica podem contribuir positivamente nesse processo (EMBRAPA, 2021).

Os Latossolos Amarelos Distróficos (LAd) têm naturalmente baixa infiltração. Esse processo pode ser ainda mais agravado se o solo se encontrar sem vegetação, compactado ou degradado. Neste sentido, áreas com melhores coberturas vegetais, como florestas, tendem a conferir uma maior velocidade de infiltração se comparadas com áreas de pastagem degradada.

<sup>4</sup> De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) as classes a seguir correspondem a: PVAa: Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico; PVAd: Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico; CXbd: Cambissolo Háplico Tb Distrófico; LAd: Latossolo Amarelo Distrófico; LVAd: Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico; LVD: Latossolo Vermelho Distrófico.

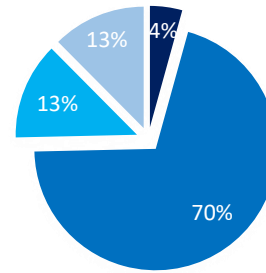


Percentuais de Infiltração de água nos solos da bacia hidrográfica do rio Santana - Miguel Pereira-RJ



■ Alta 
 ■ Média 
 ■ Média a baixa 
 ■ Baixa a média 
 ■ Baixa

Percentuais de Retenção de água nos solos da bacia hidrográfica do rio Santana - Miguel Pereira-RJ



■ Alta 
 ■ Média 
 ■ Média a baixa 
 ■ Baixa a média 
 ■ Baixa

**Figura 34:** Percentuais de infiltração e retenção de água na bacia hidrográfica do rio Santana Miguel Pereira-RJ

**Fonte:** Elaborado pelo Autor. (2025)

Analisando os gráficos percebe-se que a maior parte da bacia possui alta e média infiltração. Juntas somam 70% da área total da bacia. As taxas de infiltração de baixa a média e baixa somam 26% da área, e apenas 4% são áreas com infiltração de média a baixa. Por outro lado, as áreas com retenção média de água, sozinhas, compõem 70% da área total da bacia. Vale ressaltar que apesar do percentual ser o mesmo as classes de solos são diferentes.

De acordo com Costa; Silva; Anjos (2024), “a produção de água, em qualidade e quantidade, está diretamente associada aos atributos das classes de solo, justamente por esses exercerem influência direta na morfologia do espaço poroso das classes, situação que é fundamental para que ocorra elevada taxa de infiltração, condução e retenção de água”.

Destaca-se que não existe nenhuma área na bacia que apresente apenas a taxa de baixa retenção de água. Começa com taxas de baixa a média chegando até a alta taxa de retenção. As taxas média e média a baixa apresentam o mesmo percentual, treze por cento. As áreas com taxas de alta retenção são apenas quatro por cento.

Grande parte das áreas de pastagem apresentam média infiltração e média retenção. Boa parte das áreas florestadas, principalmente as que tangenciam a Reserva Biológica do Tinguá, têm alta capacidade de infiltração e média capacidade de retenção de água. Alguns pontos dispersos na bacia apresentam baixa infiltração e média a baixa retenção. Existe uma boa extensão de terras mais ao norte da bacia com áreas que têm de média a baixa infiltração e também média a baixa retenção. Por fim, há uma extensa planície que se estende ao longo da parte final da bacia até a sua foz que apresenta média a baixa infiltração e alta retenção de água.

Diante dessas informações, é possível se ter uma visão generalizada do comportamento físico-hídrico da bacia hidrográfica em face das classes de solos encontradas na região. Para uma avaliação mais detalhada desse assunto, são recomendadas análises laboratoriais acerca das suas estruturas e composições.



## 5. CONCLUSÕES DOS RESULTADOS

Concluindo a partir dos resultados encontrados na pesquisa, há alguns pontos para se destacar. Em primeiro lugar, fica evidente a dependência do município de Miguel Pereira-RJ com o rio Santana, no que tange ao seu abastecimento hídrico. Dada a sua posição geográfica, este manancial é fundamental no fornecimento de água para esta região. Ele atravessa todo o município e até extrapola os seus limites. Salienta-se que o abastecimento do município através do rio Santana é estratégico e muito menos oneroso, pois os grandes mananciais que poderiam contribuir para o abastecimento do município, como o rio Paraíba do Sul, por exemplo, encontram-se bem distantes.

O potencial hídrico do rio Santana é suficiente para o abastecimento interno do município. Apenas para se ter uma ideia do potencial de abastecimento deste manancial, ele sozinho é capaz de abastecer todo o município de Miguel Pereira e ainda fornecer água para parte do município vizinho, Paty do Alferes. Para tanto, o município de Miguel Pereira conta com um grande sistema de armazenamento de água. São seis reservatórios e uma caixa de passagem que somados têm a capacidade de armazenar cerca de 2.300.000 litros de água.

Em relação à geração de energia elétrica, o rio Santana também apresenta um grande potencial. No entanto, não existe dependência energética do município em relação a este recurso. A energia elétrica que abastece o município vem das usinas hidrelétricas do município de Piraí-RJ. Apenas uma parte da energia produzida nas CGH do rio Santana, por empresas particulares, é injetada no sistema da Light em Miguel Pereira. O restante todo produzido é vendido para as Lojas Americanas na cidade do Rio de Janeiro e para a rede Nossa Drogaria em Duque de Caxias-RJ.

Existem na bacia trezentos e quinze imóveis cadastrados no Cadastro Ambiental Rural (CAR). Em toda extensão da bacia existem áreas com vegetação nativa e de reserva legal. Em alguns casos, coexistindo na mesma propriedade. Dos trezentos e quinze imóveis cadastrados, oitenta e oito não possuem áreas com vegetação nativa. E quarenta e seis não possuem áreas de reserva legal ou pelo menos não está declarada no (CAR). O que é uma exigência feita pelo órgão competente quando o produtor vai cadastrar o seu imóvel. Vale ressaltar que, de acordo com o que preconiza a legislação ambiental brasileira, além de ter que declarar a área de reserva legal, o produtor também fica na obrigação de recuperá-la, quando for o caso.

A bacia também apresenta áreas de uso consolidado, ou seja, áreas com imóveis rurais que já possuíam ocupação antrópica pré-existente a 22 de julho de 2008, e que apresentam benfeitorias, construções e atividades agrossilvipastoris. Já as áreas de uso restrito correspondem a categoria de declividade de 25 a 45 graus.

A região da bacia possui diversas áreas de preservação permanentes, que se distribuem ao longo do seu território. Nela, é possível encontrar APPs como: topo de morro; declividade maior do que 45 graus; beira de rio; nascentes; olhos d'água; lagos naturais e veredas. Esta última, especialmente importante para a conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade.

No que tange aos usos e a ocupação do solo, em síntese, pode-se dizer que 47,28% da bacia ainda possui cobertura florestal preservada. No entanto, o percentual de áreas de pastagem é bem elevado, chegando a 30,09%. Num cenário pior, somando o percentual das áreas de pastagens ao de mosaico de usos, o resultado ultrapassa mais da metade da área total da bacia. Atingindo 50,07% de áreas com essas duas classes analisadas.



Do ponto de vista socioeconômico, esse cenário pode até ser considerado viável. Porém, do ponto de vista ambiental, principalmente se tratando de uma bacia hidrográfica, que se insere em uma área de uso sustentável, ele se torna inviável, pois a supressão do elemento arbóreo em grandes áreas influencia negativamente na retenção das massas úmidas que passam pela região e conseqüentemente na recarga hídrica da bacia.

A área urbanizada ainda é bem pequena na bacia, são pouco mais de 214 hectares. Porém, é necessária uma atenção especial neste quesito, pois o crescimento de áreas urbanizadas, seja em uma bacia hidrográfica ou em qualquer outra região, é algo que ocorre com muita celeridade. Neste sentido, o planejamento ambiental e de ocupação da área são fundamentais para que a ocupação possa ser feita de maneira racional e não deteriore severamente a área.

Atinente à mineração encontrada na bacia, convém destacar que ainda é muito pontual. No entanto, precisa ser acompanhada de perto e devidamente licenciada pelos órgãos competentes para que não venha aumentar consideravelmente a ponto de degradar o rio. Vale destacar que essa é uma atividade que tem influência direta sobre o balanço sedimentar, e que mesmo sendo ainda muito incipiente já demonstra alguns sinais desse desequilíbrio. Vide o assoreamento encontrado no rio mesmo existindo ainda a mata ciliar.

De fato, o problema de assoreamento aparece em vários pontos da bacia. Presume-se que este problema esteja sendo causado pela alteração no balanço sedimentar proveniente de fatores como: erosão das margens, ocorridas pela retirada da mata ciliar; desvio do curso do rio para geração de energia elétrica no sistema “fio d’água”; extração de areia e saibro no canal do rio; lixiviação e carreamento de sedimentos para dentro do canal principal, entre outros fatores que contribuem para que este fenômeno ocorra. Vale destacar que os pontos de solapamento também influenciam bastante nessa alteração do balanço sedimentar.

Outro ponto muito comum também são as construções irregulares na planície de inundação do rio. Não respeitando o que é preconizado na legislação brasileira acerca da ocupação nessas áreas. Existem várias ao longo de toda a bacia, no canal principal, e também em seus afluentes. Como é o caso apontado no trabalho de construções situadas no Córrego Mangueiras, um dos afluentes do rio Santana.

Um ponto importantíssimo que não pode deixar de ser destacado na conclusão dos resultados encontrados durante o trabalho de campo, é a existência de extensas áreas sem cobertura vegetal arbórea, que são utilizadas como pastagens. Este problema interfere diretamente na recarga hídrica local da bacia, pois sem o elemento arbóreo a retenção e conseqüentemente a precipitação e infiltração local de água estarão significativamente comprometidas.



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, variados tipos de solos terão comportamentos também diferenciados, principalmente em relação à infiltração e retenção de água. Processos que influenciam diretamente tanto a produtividade das lavouras locais quanto a recarga hídrica da bacia hidrográfica. Por isso, o manejo adequado desses solos é essencial para a sua saúde e para a conservação da água que ele recebe e retém. Disponibilidade hídrica em qualidade e quantidade depende de um solo sadio e bem manejado.

Considerando que 36% da área total da bacia possui alta capacidade de infiltração e 34% média, e ainda que 70% da bacia apresenta média capacidade de retenção de água, o reflorestamento das áreas degradadas respeitando o que preconiza a legislação ambiental brasileira, em utilizar 50% de espécies nativas consorciada com espécies produtivas em sistemas agroflorestais, pode sim melhorar e muito a recarga hídrica local.

Com efeito, a conservação da bacia hidrográfica do rio Santana é de extrema importância. Não sendo diferente em outras bacias. Uma vez que o município de Miguel Pereira depende exclusivamente de suas águas para suprir a demanda hídrica. Geograficamente falando, é o manancial mais próximo, e por isso, mais viável para utilização desse recurso natural. Inclusive, esse rio atravessa todo o município. Vale ressaltar que com os investimentos que têm sido feitos na cidade nos últimos anos: hotel; prédios residenciais; parque temático, etc., a tendência é que demanda por água aumente consideravelmente.

Em relação aos usos e a ocupação, atualmente a bacia tem mais da metade de suas áreas compostas por mosaico de usos e pastagens, com pouca ou nenhuma cobertura arbórea. Fator limitante à retenção de massas úmidas que passam pela região. Seguindo à jusante é possível ver essas áreas. Convém destacar que áreas montanhosas, que se encontram desflorestadas, funcionam como barreiras orográficas e não contribuem na retenção de massas úmidas e consequentemente na precipitação local para a recarga hídrica da bacia.

Os Cambissolos Háplico Tb Distrófico (CXbd) e os Argissolos Vermelho-Amarelo Alumínico (PVAa) predominam na região. Juntos somam 65,43% da área total da bacia. O equivalente a 209,58km<sup>2</sup> dos 320,24km<sup>2</sup> totais da bacia. Esses solos possuem alta e média infiltração respectivamente. Em ambos a retenção de água é média. Dessa forma, presume-se que embora boa parte da bacia se encontre desflorestada, ainda assim apresenta uma recarga hídrica de certa forma satisfatória.

Em vários sentidos, a restauração e a conservação da bacia são a melhor maneira de se manter o sistema bacia com as menores oscilações possíveis. Ao se restaurar e conservar a área de uma bacia hidrográfica, inúmeros benefícios irão retornar. Dentre eles, alguns citados a seguir são de extrema importância ao meio ambiente e também ao homem. Com a cobertura vegetal, principalmente a arbórea restaurada tem-se um aumento na retenção de carbono no solo.

As áreas florestadas também propiciam o retorno da biodiversidade ao local. Dessa forma, a fauna dispersora de sementes cumpre o seu papel ao recolonizar fragmentos que ainda estão desconectados. Garantindo a manutenção do banco gênico e a diversidade dos grupos funcionais dentro dos ecossistemas locais.

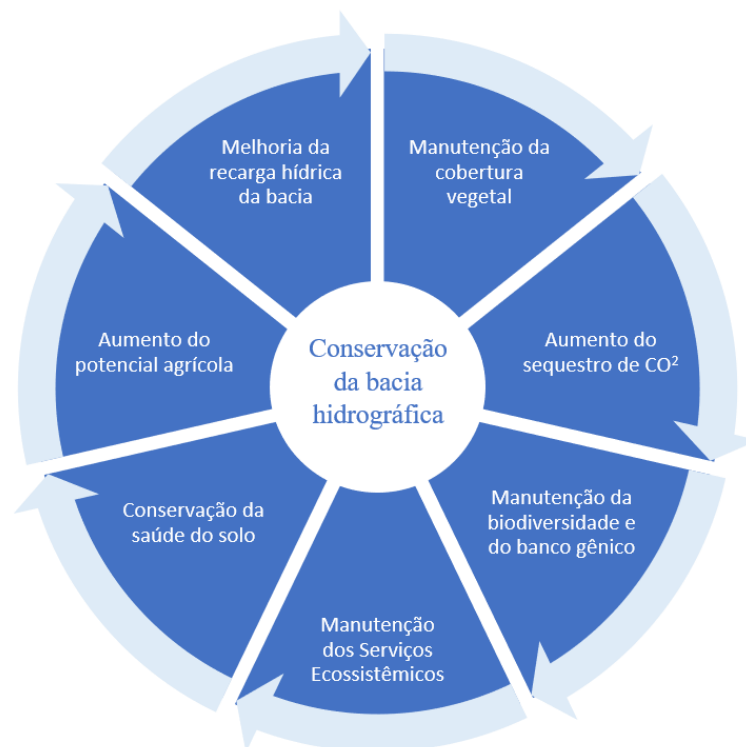
Com os ecossistemas restaurados, os serviços prestados pela natureza ao homem, denominados serviços ecossistêmicos (SE): provisão; regulação; culturais e de suporte, também

estarão assegurados. Sobretudo, este último, o qual é a base para que todos os outros aconteçam. Sem ele, a existência do ecossistema estaria inviabilizada.

Um ecossistema com menos oscilações se traduz numa maior saúde do solo. Uma vez que este, se configura como a superfície de contato entre o trinômio solo-planta-atmosfera e é extremamente sensível a qualquer pressão que incida sobre ele. Sejam elas naturais ou antrópicas. Principalmente essas últimas que são mais rápidas e incisivas. Não dando tempo para a natureza se recuperar.

Do ponto de vista econômico, solos mais saudáveis tendem a aumentar o seu potencial agrícola, gerando ganhos significativos aos produtores. Vale ressaltar que a saúde dos solos está diretamente ligada a boa produtividade das lavouras e conseqüentemente ao aumento da renda dos produtores. Melhorando assim, a qualidade de vida deles.

Por fim, mas não tão menos importante, a recomposição das áreas florestadas somadas às boas condições de saúde dos solos propicia uma ótima recarga hídrica da bacia. O solo saudável funciona como um filtro natural eliminando impurezas e poluentes da água. Ademais, com sua porosidade conservada, aeração e percolação ocorrem plenamente. Isso garante condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas e uma boa atividade microbiana. Além de garantir um suprimento de água de qualidade e em quantidade para os lençóis freáticos. Como é possível perceber, os processos envolvidos nessa dinâmica seguem uma lógica de retroalimentação que mantém o sistema bacia com menos oscilações. A (Figura 35) mostra alguns dos benefícios mais importantes envolvidos nesse processo.



**Figura 35:** Alguns benefícios gerados a partir da conservação da bacia hidrográfica

**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2025)

Sendo assim, é evidente a importância de se planejar o uso e a ocupação das áreas naturais. Principalmente em bacias hidrográficas, as quais, muitas vezes têm parte do seu curso dentro de áreas de proteção integral, nascentes e terço superior, mas boa parte do restante do



seu curso, terço médio e inferior, estão compreendidos em áreas de usos sustentáveis. Onde normas e regras impostas pela legislação ambiental brasileira devem ser seguidas para que a ocupação ocorra de forma menos lesiva ao meio ambiente, mas que na maioria das vezes não são obedecidas. Somente com o planejamento ambiental adequado, o solo e a própria bacia como um todo estarão protegidos.

Com efeito, apesar de ter toda uma esfera ecológica para se conservar, também existem as esferas econômica e social que não podem ser negligenciadas. Esta última, principalmente, pois sua sobrevivência está diretamente ligada às duas primeiras. Dessa forma, é preciso conciliar produção agropecuária com a conservação ambiental. É nesse contexto, que surgem os sistemas agroflorestais (SAF) como alternativa a uma agricultura sustentável. Eles podem ser uma opção de transição de um modelo produtivo convencional, que é predatório, para um modelo de produção sustentável, menos lesivo e mais adequado a um ambiente como uma área de uso sustentável. Onde o ordenamento jurídico ambiental brasileiro permite a apropriação de partes de seus recursos, mas preconiza a conservação dessas áreas.

Esses sistemas já provaram que funcionam bem na restauração e conservação de áreas que se encontram degradadas e na restauração dos processos ecológicos por se aproximarem bastante da dinâmica natural que existia antes da degradação. Uma breve revisão de literatura realizada durante a presente pesquisa comprovou em dez artigos a eficiência dos sistemas agroflorestais em diferentes variáveis analisadas. Na literatura, há uma vasta disponibilidade de artigos comprovando a eficácia deles.

Vários benefícios podem ser obtidos através da adoção desses sistemas pelos produtores. Dentre eles podemos citar: a diminuição do uso de fertilizantes químicos e defensivos agrícolas pelo controle biológico. Nesses sistemas, predador e presa coexistem no mesmo local; manutenção da biodiversidade local; recuperação de fragmentos florestais e matas ciliares; conservação dos solos e da água, dentre outros.

Essa aproximação dos sistemas agroflorestais com as condições naturais que existiam antes da área ser degradada faz com que a natureza responda melhor às pressões que incidem sobre ela. A heterogeneidade da paisagem fortalece os ecossistemas, agora transformados em agroecossistemas pelo homem. A simplificação da paisagem, como ocorre nas monoculturas, por exemplo, tende a enfraquecê-lo.

Enfim, espera-se que os conteúdos aqui sistematizados possam contribuir para uma gestão mais sustentável da bacia hidrográfica do rio Santana, bem como com a conservação dos seus recursos. Servindo como um modelo que pode ser replicado em outras bacias e utilizado por parte dos órgãos competentes em suas tomadas de decisão.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Contrato de Concessão nº 001/96**. Para geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, que celebram a União e a Light Serviços de Eletricidade S/A. Brasília, 1996. p. 32.

AGEVAP. **Plano de contingência para abastecimento de água** (Guandu). 2015. 186p.

AMAMI, R.; IBRAHIMI, K.; SHER, F.; MIHAM, P.; GHAZOUANI, H.; CHEHAIBI, S.; HUSSAIN, Z.; IQBAL, H. M. N. **Impacts of different tillage practices on soil water infiltration for sustainable agriculture**. Sustainability, v. 13, 3155, 2021. DOI: 10.3390/su13063155.

ANAND, M.; DESROCHERS, R. E. **Quantification of restoration success using complex systems concepts and models**. Conservation Biology, v.12, n.1, p.117-123, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000400015>

AQUINO, C. **Avaliação de três formas de enriquecimento em área ciliar revegetada junto ao rio Mogi-Guaçu**, SP. 2006. 154f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual Júlio de Mesquita-Filho, Rio Claro, 2006.

AQUINO, R. N. de; SAT'ANA, A. L.; NASCIMENTO, G. S. do. (2024). **Análise comparativa de dois projetos de recuperação de mata ciliar na Amazônia e em Minas Gerais**. Revista Políticas Públicas & Cidades, 13(1), e753. DOI: <https://doi.org/10.23900/2359-1552v13n1-32-2024>

ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H de. S. **Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para a recuperação de área degradada em Viçosa-MG**. Revista Árvore, v. 27 nº 5. Viçosa-MG. 2003. p. 715-721. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000500014>

ARAÚJO, E. M. de S. **Influência de sistemas agroflorestais sobre a condição hidrológica de bacia hidrográficas**. Dissertação de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos em Rede. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Vitória-ES. 2019. p. 94.

ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa, WDL Publications, 1989. 295 p.

ATTANASIO, C. M.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G. **Adequação ambiental de propriedades rurais. Recuperação de áreas degradadas. Restauração de matas ciliares**. Apostila de recuperação, Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal. ESALQ. Piracicaba, 2006. p. 63.

BARBOSA, L. M. (Coord.). **Simpósio sobre recuperação de áreas degradadas (RAD) com ênfase em matas ciliares e workshop sobre recuperação de áreas degradadas no estado de São Paulo: avaliação da aplicação e aprimoramento da resolução SMA 47/03**. 2006, São

Paulo. Anais. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto de Botânica de São Paulo, 2006.

BARRELLA, W.; PETRERE JR., M.; SMITH, W. S.; MONTAG, L. F. de A. **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes.** in: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H. F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p. 187-207.

BERQUER, A. **Paisagem-Marca, Paisagem-Matriz: elementos da problemática para uma Geografia Cultural,** in Paisagem, Tempo e Cultura. Org. CORRÊA, R. L., ROSENDAHL, Z. Rio de Janeiro, EdUERJ 1998, p.85-91

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas.** Petrópolis: Vozes, 1973, 351 p.

BERTRAND, C.; BERTRAND, P.G. **Uma Geografia Transversal e de Travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades.** Tradução de PASSOS, Messias Modesto dos. Maringá: Massoni, 2009. 360 p.

BORSATO, F. H.; MARTONI, A. M. **Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná.** Acta Scientiarum, Human and Social Sciences, Maringá-PR, ano 2004, v. 26, n. 2, p. 273-285, 2004. DOI: 10.4025/actascihumansoc.v26i2.1391

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Manejo da Reserva Biológica do Tinguá – ReBio Tinguá.** Brasília, 2006.

BRASIL. **Decreto 7.830 de 17 de outubro de 2012, que dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural,** o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. Disponível em: [legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw\\_Identificacao/DEC\\_7.830-2012?OpenDocument](http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw_Identificacao/DEC_7.830-2012?OpenDocument) Acesso em: 20/11/2024.

BRASIL. **Decreto nº 97.780 que institui a criação da Reserva Biológica do Tinguá – ReBio do Tinguá.** Brasília, 1989.

BRASIL. Lei 12.651/2012 **Novo Código Florestal Brasileiro.** Brasília, 2012. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 05/05/2025.

BRASIL. **Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Brasileiro de Unidades de Conservação da Natureza.** Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>. Acesso em 05 de setembro de 2024.

BRITTO, A. L.; FORMIGA-JOHNSSON, R. M.; CARNEIRO, P. R. F. **Abastecimento público e escassez hidrossocial na metrópole do Rio de Janeiro.** Revista Ambiente e Sociedade. São Paulo, v. XIX, n.º 1, janeiro-março 2016, pp. 185-208. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOC150159R1V1912016>

BRITTO, A. L.; QUINTSLR, S. **Redes Técnicas de Abastecimento de Água no Rio de Janeiro: história e dependência de trajetória.** Revista Brasileira de História & Ciências

Sociais – RBHCS, v.9, n.º 18, julho-dezembro de 2017, pp. 137-162. DOI: <https://doi.org/10.14295/rbhcs.v9i18.441>

BUDOWSKY, A. **Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional progresses**. Turrialba, 15: 40-2, 1965.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford, Clarendon Press, 1986. 193 p.

CÂMARA, G.; ORTIZ, M. J. 1998. **Sistemas de Informação Geográfica para Aplicações Ambientais e Cadastrais: Uma Visão Geral**. in: Souza e Silva, M, Cartografia, Sensoriamento e Geoprocessamento, Lavras UFLA/SBEA.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188 p.

CLIMATE DATA, **Clima Miguel Pereira**, 2024. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-de-janeiro/miguel-pereira-33679/#climate-graph>. Acesso em: 25/10/2024.

COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS – CEDAE. **Sistema Acari**. s/d. Disponível em: [https://www.cedae.com.br/SOCIOAMBIENTAL/O-mapa-das-%C3%A1guas/Sistema-Acari#:~:text=O%20sistema%20conta%20com%20tr%C3%AAAs%20elevat%C3%B3rias%20\(Caxias%2C,e%20Caixa%20Nova%20da%20Tijuca%20\(17%20milh%C3%B5es\)](https://www.cedae.com.br/SOCIOAMBIENTAL/O-mapa-das-%C3%A1guas/Sistema-Acari#:~:text=O%20sistema%20conta%20com%20tr%C3%AAAs%20elevat%C3%B3rias%20(Caxias%2C,e%20Caixa%20Nova%20da%20Tijuca%20(17%20milh%C3%B5es).). Acesso em: 15/04/2025.

COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS - CEDAE, 2024 **Guandu** s/d. Disponível em: [https://www.cedae.com.br/portals/0/livreto\\_guandu.pdf](https://www.cedae.com.br/portals/0/livreto_guandu.pdf). Acesso em: 20/10/2024.

COSTA, A. M. da.; SILVA, V. C. da; ANJOS, L. H. C. dos **Interpretações e aplicações do mapeamento de solos**. Apostila da disciplina SOL 32 do curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação do Solos do Consórcio Nacional Unisolos (UFRRJ-UFMG-UFV-UFRA UAB/CAPES). Seropédica 2024. p. 40.

COSTA, C. C. **Estratégias para proteção dos fragmentos florestais na Sub-Bacia do Rio Poxim-SE**. 106f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2011.

DANTAS, M. E. **Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro**. Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Serviço Geológico do Brasil. 2000.

DAVIDE, A. C.; FERREIRA, R. A.; FARIA, F. M. R.; BOTELHO, S. A. **Restauração de matas ciliares**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.65- 74, 2000.

DUBOIS, J. **Classificação e Breve Caracterização de SAFs e Práticas Agroflorestais** in Manual Agroflorestal para a Mata Atlântica. DEITENBACH, A. et al (orgs). Ministério do Desenvolvimento Agrário. Brasília: 2008. 195 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Solos Tropicais**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs>. Acesso em: 04/05/2025.



Engel, V. L. **Sistemas agroflorestais: conceitos e aplicações.** in V. L Engel (org.). *Introdução aos sistemas agroflorestais*. Botucatu: FEPAF, 1999. 70 p.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Decreto Estadual nº 42.343 de 10 de março de 2010. Dispõe sobre a ampliação da Reserva Biológica Estadual de Araras.** 2010.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Decreto nº 40.670 que institui a criação da Área de Proteção Ambiental do Rio Guandu.** Rio de Janeiro, 2007

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Decreto nº 43.488, de 28 de fevereiro de 2012. Dispõe sobre a ratificação da criação e ampliação da área da reserva biológica de araras.** Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/rj/decreto-n-43488-2012-rio-de-janeiro-ratifica-criacao-e-amplia-a-area-da-reserva-biologica-de-araras>. Acesso em: 18/09/2024.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Resolução nº 59 de 07 de julho de 1977. Dispõe sobre a criação da Reserva Biológica Estadual de Araras.** 1977.

FARIA, A. L. L., ROCHA, P. A., COSTA, L. M. **Novas tecnologias associadas ao estudo do quaternário.** Revista de Ciências Humanas, volume 19, nº 1, 2019, 186-135p.

FÁVERO, C.; LOVO, I. C.; MENDONÇA, E. de S. **Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no Vale do Rio Doce, Minas Gerais.** Revista *Árvore*, v. 32 nº 5. Viçosa-MG. 2008. p. 861-868. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000500011>

FREITAS, E. C. S. de; NETO, S. N. de O.; FONSECA, D. M. da; SANTOS, M. V.; LEITE, H. G.; MACHADO, V. D. **Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agrossilvipastoril com eucalipto e acácia.** Revista *Árvore*, v.37, nº3. Viçosa-MG (2013). p.409-417. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000300004>

GONTIJO, A., BEZERRA, F. H. R., TERRA, E. L., ALMEIDA, J. C. H. **Brittle reactivation of mylonitic fabric and origem of the Cenozoic Rio Santana Graben, southeastern Brazil.** Journal of South American Earth Sciences, v. 29, p. 522-536, 2010.

GREGORY, S.V.; SWANSON, F. J.; McKEE, W. A.; CUMMINS, K.W., 1992. **An ecosystem perspective of riparian zones.** BioScience, 41 (8):540-551. DOI:10.2307/1311607

HACKSPACHER, C., FETTER, A. H., EBERT, H. D., NEGRI, F. de. A. **Magmatismo há ca. 660 – 640 Ma no Domínio Socorro: Registros de Convergência Pré-Colisional na Aglutinação do Gondwana Ocidental.** Revista do Instituto de Geociência, USP, São Paulo, v. 3, p. 85-95, 2003

HAINES-YOUNG, R.; GREEN, D. R.; COUSINS, S. **Landscape Ecology and Spatial Information System.** Bristol, Taylor and Francis (1993). p.3-8.

HOFFMANN, M. R. M. **Sistemas Agroflorestais para Agricultura Familiar: Análise Econômica.** Brasília: Universidade de Brasília, UNB. (Dissertação de Mestrado). 2013. p.133.

IGBP - **Biospheric Aspects of the Hydrological Cycle.** The International Geosphere-Biosphere Programme: A Study of Global Change, Report n.27. Estocolmo, 1993. 103p.

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO. 2024. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/rj/miguel-pereira>. Acesso em: 22/09/2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Brasil em Síntese**. (2025) Disponível em: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.html>. Acesso em: 22/11/2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2000, município de Miguel Pereira**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9663-censo-demografico-2000.html?edicao=9771&t=resultados> Acesso em: 20/10/2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2010, município de Miguel Pereira**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/miguel-pereira/pesquisa/23/27652?detalhes=true>. Acesso em: 20/10/2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2022, município de Miguel Pereira**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/miguel-pereira/pesquisa/10102/122229>. Acesso em: 20/10/2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **IBGE Cidades, panorama, município de Miguel Pereira**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/miguel-pereira/panorama>. Acesso em: 20/10/2024.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE – INEA. **Base de Dados Geoespaciais**. Disponível em: <https://inea.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=00cc256c620a4393b3d04d2c34acd9ed> >. Acesso em: 25/09/2024.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE – INEA. **Sistemas de abastecimento público de água**. Miguel Pereira/Paty do Alferes. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/seguranca-hidrica/sistemas-de-abastecimento/outros-sistemas-integrados/>. Acesso em: 10/05/2025.

JAPERI. **Lei nº 1.222 de 05 de julho de 2011. Dispõe sobre a criação área de proteção ambiental do Pico da Coragem**, no município de Japeri, no estado do Rio de Janeiro e dá outras providências.

JORNAL REGIONAL. **Miguel Pereira ilumina 31 Lojas Americanas no Rio e 30 farmácias Nossa Drogaria em Duque de Caxias**. Miguel Pereira, 2018. Disponível em: <https://www.jornalregional.rio/jornalregional2/noticia/buscarNoticia?id=4659>. Acesso em: 10/03/2025.

KOBIYAMA, M. **Manejo de bacias hidrográficas: conceitos básicos**. in: Curso de Manejo de bacias hidrográficas sob a perspectiva florestal, Apostila, Curitiba: FUPEF, 1999. p.29-31.

LANG, S; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. Oficina de Textos. São Paulo. 2009. 423p.

LIMA, W. P., 1989. **Função hidrológica da mata ciliar**. Simpósio sobre Mata Ciliar. Fundação Cargill: 25-42.



LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. **Hidrologia de matas ciliares**. in: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP/Fapesp, 2000. p.33-44.

LUTZENBERG, J. A. **Os serviços ambientais da mata Atlântica: segurança hídrica, regulação do clima e diversidade biológica**. Observatório de Governança das Águas, 2020. São Paulo. p. 20.

MADEIRA, C. V., BORGHI, L. **Estrutura dos Depósitos Sedimentares Quaternários da Bacia Hidrográfica do Rio Santana**, Miguel Pereira, Estado do Rio de Janeiro. Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ, V. 22, 1999. DOI: [https://doi.org/10.11137/1999\\_0\\_8-22](https://doi.org/10.11137/1999_0_8-22)

MARTINS, E. M.; SILVA, E. R. da; CAMPELLO, E. F. C.; LIMA, S. S. de; NOBRE, C. P.; CORREIA, M. E. F.; RESENDE, A. S. de. **O uso de sistemas agroflorestais diversificados na restauração florestal na Mata Atlântica**. Revista Ciência Florestal, volume 29, nº 2. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS. 2019. p. 632-648. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509829050>.

MASTERPLAN CONSULTORIA DE PROJETOS E EXECUÇÃO LTDA. **Projeto Biodiversidade e Mudanças Climáticas na Mata Atlântica: Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica**. Outubro, 2020.

METZGER, J. P. **O que é ecologia de paisagens?**. Revista Neotropica. V.1, n.1. São Paulo: 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006>

MIGUEL PEREIRA. **Decreto nº 3.474, de 10 de março de 2009. Cria a Reserva Biológica Vale das Princesas e dá outras providências**. Boletim Informativo do Município de Miguel Pereira, Ano II, Nº 125, 2009b.

MIGUEL PEREIRA. **Lei nº 2018 de 27 de dezembro de 2004. Dispõe sobre a criação área de proteção ambiental do Rio Santana**, no município de Miguel Pereira, no estado do Rio de Janeiro e dá outras providências.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **PORTARIA Nº 318 DE 11 DE AGOSTO DE 2017**. Brasília, 2017. p. 5.

MMA – **Ministério do Meio Ambiente. Unidades de Conservação – Mata Atlântica: Rebio do Tinguá**. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/mata-atlantica/unidades-de-conservacao-mata-atlantica/2143-rebio-do-tingua>  
Acesso em: 15/08/2016

MMA/SBF - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS. **Mata Atlântica: manual de adequação ambiental**. Série Biodiversidade. Brasília: 2010. p. 96.

NAIMAN, R. J.; DECAMPS, H.; POLLOCK, M. (1993) **The Role of Riparian Corridors in Maintaining Regional Biodiversity**. Ecological Applications, 3, 209-312. DOI: <https://doi.org/10.2307/1941822>

NAVEH, Z. **Interactions of landscape and cultures**. Revista *Landscape and Urban Planning*. Volume 32. 1995. p. 43-54 Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0169204694001834> Acesso em: 22/09/2024.  
DOI: [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(94\)00183-4](https://doi.org/10.1016/0169-2046(94)00183-4)

NETO, M. M. G.; BORGHI, E.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, M. C. M. **Integração LavouraPecuária-Floresta – iLPP**. 139-178p., *in* Agricultura de Baixo Carbono: tecnologias e estratégias de implantação. Orgs. NOBRE, M.M., OLIVEIRA, I.R. Brasília: Embrapa, 2018.

NETTO, A. L. C. **Hidrologia De Encosta na Interface com a Geomorfologia**. *in*: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (Org.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 93-148.

OLIVEIRA, G. F., MARÇAL, M. S. **Cenários da conectividade fluvial atual e a relação de água e sedimentos na Bacia do rio Santana (RJ)**. Revista Brasileira de Geomorfologia, volume 25, nº 1, 2024. 23p. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v25i1.2253>

PEDREIRA, da C. C. G.; FIDLAGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; CINTRÃO, R. P.; BENAVIDES, Z. C. **Demanda e oferta de água nas bacias hidrográficas Guapi-Macacu e Caceribu em área de Mata Atlântica-RJ**. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande – Mato Grosso do Sul-MS, 2009. p. 20.

PEREZ-MARIN, A. M.; MENEZES, R. S. C. **Ciclagem de nutrientes via precipitação pluvial total, interna e escoamento pelo tronco em sistema agroflorestal com *Gliricidia sepium***. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32. Viçosa-MG. 2008. p. 2573-2579. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000600034>

**PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE MIGUEL PEREIRA-RJ**. Miguel Pereira, 2014. p. 260. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/saneamento/pmsb-fluminenses/pmsb-miguel-pereira.pdf>. Acesso em: 08/03/2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MIGUEL PEREIRA. **Projeto Lixo Zero**. Cartilha. Miguel Pereira, 2025. p. 2.

PROJETO MAPBIOMAS – **Coleção 2 de Mapas Anuais de Cobertura e Uso da Terra do Brasil com 10 metros de resolução espacial**, acessado em [05/01/2025] através do link: [[https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/initiatives/brasil/lulc\\_10m/collection\\_2/integration/mapbiomas\\_10m\\_collection2\\_integration\\_v1-classification\\_2023.tif](https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/initiatives/brasil/lulc_10m/collection_2/integration/mapbiomas_10m_collection2_integration_v1-classification_2023.tif)].

PROJETO MAPBIOMAS SOLO – **Mapeamento anual do estoque de carbono orgânico do solo (COS) no Brasil 1985 – 2021**. acessado em [05/01/2025] Disponível em: [https://brasil.mapbiomas.org/wpcontent/uploads/sites/4/2023/08/MapBiomass\\_Solo\\_JUNHO\\_2023\\_21.06\\_OK\\_Alta\\_\\_1\\_-1.pdf](https://brasil.mapbiomas.org/wpcontent/uploads/sites/4/2023/08/MapBiomass_Solo_JUNHO_2023_21.06_OK_Alta__1_-1.pdf). Junho 2023. p. 11.

**RESOLUÇÃO CONAMA nº 303** de 20 de março de 2002  
<https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=274>

ROBERTO, A. J. **“Extração de Informação Geográfica a partir de Fotografias Aéreas obtidas com Vants para apoio de SIG Municipal”** (Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2013). Identificador TID: 201351595

RODRIGUEZ, J. M. M.; DA SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. de P. B. **Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 6 ed. Ebook. Fortaleza: Imprensa

Universitária, 2022. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/66152>. Acesso em: 02/03/2025.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Universidade de São Paulo - EDUSP. 2006. 259 p.

SANTOS, P. Z. F. **O potencial dos Sistemas Agroflorestais para incremento da biodiversidade e provisão de serviços ecossistêmicos na Mata Atlântica**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Práticas em Desenvolvimento Sustentável. Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica: 2017. 71 p.

SAUER, C. O. **A Morfologia da Paisagem**, in Paisagem, Tempo e Cultura. Org. CORRÊA, R. L., ROSENDAHL, Z. Rio de Janeiro, EdUERJ 1998, p.12-74

SCHROEDER, M. **Cobertura Florestal do Rio Grande do Sul**. in: I SEMINÁRIO SOBRE A SITUAÇÃO FLORESTAL DO RIO GRANDE DO SUL. Anais - Porto Alegre: Secretaria da agricultura e Agropecuária do Estado do Rio Grande do Sul, 1996. p. 03 – 09.

SILVA, E. B. N. da; DIAS, M. P.; MOREIRA-LIMA, L.; NAREZI, G. **Análise da diversidade de avifauna de um sistema agroflorestal na região de Porto Seguro-BA**. Revista Cadernos de Agroecologia. Anais XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, v. 15 nº2. São Cristóvão-SE. 2020. p. 5.

SILVA, M. A. P da; EVANGELISTA, L. P.; SILVA, W. H. O.; ESPÍRITO SANTO, F. da S. **Diagnóstico e estratégias para a conservação ou restauração de nascentes em ambientes com ações antrópicas**. Revista Ciência Florestal. Universidade de Santa Maria – UFSM. Santa Maria-RS. 2024. p. 24. Ci. Fl., Santa Maria, v. 34, n. 3, e71553, p. 1-24, jul./set. 2024. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509871553>

SILVA, M. S. C. da; CORREIA, M. E. F.; SILVA, E. M. R. da; MADDOCK, J. E. L.; PEREIRA, M. G.; SILVA, C. F. da. **Soil fauna communities and soil attributes in the agroforests of Paraty**. Revista Floresta e Ambiente, v.23, nº2 Seropédica-RJ (2016). p.180-190. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.059813>

SILVEIRA, A. L. L. **Ciclo Hidrológico e a Bacia Hidrográfica**. in TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Edusp / ABRH, 1997, 35-51p.

SINGH, B.; SIHAG, P.; DESWAL, S.; **Modelling of the impact of water quality on the infiltration rate of the soil**. Applied Water Science, v. 9, 15, 2019. DOI: 10.1007/s13201-019-0892-1.

**SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos-snis>. Acesso em: 22/09/2024.

SOUZA, J. J. L. L.; NORONHA, N. C.; PEREIRA, M. G.; COSTA, A. M da.; ANJOS, L. H. C dos. **Atributos do solo: morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos**. Apostila da disciplina SOL 13 do curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação do Solos do Consórcio Nacional Unisolos (UFRRJ-UFMG-UFV-UFRA UAB/CAPES). Seropédica 2024. p. 85.



STEINBLUMS, I. J.; FROELICH, H. A.; LYONS, J. K., 1984. **Designing stable buffer strips for stream protection.** Journal of Forestry, 82 (1): 49-52.

TOMA, R. S.; COOPER, M.; TAVARES, M. F.; CARVALHO, C. C.; TEATO, A. C. **Evolução temporal do comportamento físico-hídrico do solo de um sistema agroflorestal no Vale do Ribeira-SP.** Revista Scientia Forestalis, v. 41 nº 98. Piracicaba-SP. 2013. p. 237-248.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 91 p.

TRIQUET, A. M.; G. A. McPEEK; W. C. McCOMB, 1990. **Songbird diversity in clearcuts with and without a riparian buffer strip.** Journal of Soil and Water Conservation, 45 (4): 500-503. DOI: <https://doi.org/10.1080/00224561.1990.12456527>

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R.T. **Impacto das Mudanças da Cobertura Vegetal no Escoamento: revisão.** RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 2. Nº 1. 1997. p. 135-152. DOI: 10.21168/rbrh.v2n1.p. 135-152

UEZU, A.; BEYER, D. D.; METZGER, J. P. **Can agroforest woodlots work as stepping stones for birds in the Atlantic forest region?** Revista Biodiversidade e Conservação (2008). 17p. DOI: 10.1007/s10531-008-9329-0

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. **Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais.** Série Técnica IPEF. V.12, n.32. Piracicaba: 1998. p. 25-42.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: Mc Graw Hill, 1975, 247p.

WILLIAMS, J.; REARDON, C.; WUEST, S.; LONG, D. **Soil water infiltration after oilseed crop introduction into a Pacific Northwest winter wheat–fallow rotation.** Journal of Soil and Water Conservation, v. 75, p. 739-745, 2020. DOI: 10.2489/jswc.2020.00165.

ZÁLAN, P. V. **Evolução Fanerozoica das Bacias Sedimentares Brasileiras.** in: Mantesso-Neto, V., Bartonelli, A., Carneiro, C. D. R., Brito-Neves, B.B. Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo, Beca, 2004, p. 562-612.

## 8. APÊNDICE

Apêndice A, quadro 1:

Artigos	AUTOR/ANO	TIPO DE SAF	LOCAL	VARIÁVEIS ANALISADAS	RESULTADOS ENCONTRADOS
1°	Silva et al. (2020)	Biodiverso	BA	avifauna e conectividade	Foram identificadas 97 espécies de aves distribuídas em 34 famílias. Foi possível considerar que o sistema agroflorestal em estudo se apresentou como um nicho ecológico de diversas espécies de aves, incluindo espécies raras de beija-flor até os representantes da família <i>Psittacidae</i> , que realizam parte de sua alimentação na plantação de açaí. O Sistema Agroflorestal associado a fragmentos de Mata Atlântica são sistemas produtivos que possuem um manejo de baixo impacto e que promovem serviços ambientais de extrema importância para conservação das espécies de avifauna, muitas endêmicas da região de Porto Seguro - BA.
2°	Martins et al. (2019)	Biodiverso	RJ	serrapilheira, micro e mesofauna	O sistema agroflorestal proporcionou a entrada de serrapilheira rica em N e uma colonização da fauna, não somente na sua área de implantação, mas também nas áreas próximas. O SAF desempenhou um papel de fonte para a fauna do solo, fornecendo estes animais para a matriz circundante. Tal resultado indica que os benefícios trazidos pelo SAF não se restringem ao local de plantio, mas proporcionam melhorias de dentro para fora do sistema.
3°	Arato, Martins e Ferrari (2003)	Biodiverso	MG	serrapilheira	O padrão sazonal da deposição de serrapilheira no sistema agroflorestal, com produção máxima no final da estação seca, é típico de florestas estacionais semidecíduais, nas quais o pico de deposição de folhas nessa época do ano ocorre como resposta da vegetação à estacionalidade climática. Os valores obtidos de produção de serrapilheira total e frações foram semelhantes aos encontrados em florestas estacionais semidecíduais da Região Sudeste do Brasil, o



					que permite inferir que o sistema vem se comportando como uma floresta nativa em termos de dinâmica da serrapilheira. A elevada taxa de decomposição da serrapilheira indica favorecer a rápida liberação e o consequente reaproveitamento dos nutrientes por parte do sistema radicular da vegetação do sistema agroflorestal.
4°	Fávero, Lovo e Mendonça (2008)	Biodiverso	MG	ciclagem de nutrientes	Após quatro anos de implantação do sistema agroflorestal, observaram-se melhorias significativas na disponibilidade de nutrientes no solo da área em recuperação em relação à área degradada. O manejo do sistema tem proporcionado enriquecimento das camadas superficiais do solo em nutrientes pelo constante aporte de biomassa e consequente disponibilização de nutrientes provenientes das camadas mais profundas do solo, comprovando a eficiência desse sistema na ciclagem de nutrientes.
5°	Uezu, Beyer e Metzger (2008)	Simple	PR	conectividade entre fragmentos	Uma distância menor entre as árvores aumenta a capacidade do sistema agroflorestal para facilitar o movimento pela paisagem. Árvores isoladas ou grupos de árvores funcionavam como degraus quando estão localizados longe dos fragmentos. Os resultados indicam que as espécies visitam com mais frequência os bosques agroflorestais que estão perto de grandes manchas, para procurarem algum tipo de recurso e, usam os bosques mais distantes menos frequentemente, quando estão se dispersando pela paisagem.
6°	Freitas et al. (2013)	Simple	MG	produção de serrapilheira e nutrientes	O componente arbóreo, a espécie leguminosa e a distância da linha de plantio das árvores influenciaram a deposição de serrapilheira e de nutrientes sobre o solo nos Sistemas Agrossilvipastoris. O maior aporte de serrapilheira e de nutrientes, especificamente de Nitrogênio, no Sistema Agrossilvipastoril com eucalipto e acácia sugere seu maior potencial para recuperação e manutenção de pastagens.



7°	Silva et al. (2016)	Simplex	ES	estrutura do solo e retenção de carbono orgânico	No sistema agroflorestal com café e no sistema de café orgânico, a resistência do solo à penetração foi menor e a umidade mais alta do que no sistema de café convencional. No solo sob café orgânico sem outras árvores, a densidade do solo foi menor e a microporosidade e a porosidade total foram maiores do que no sistema convencional. Os teores de carbono orgânico total (COT) nos macros e microagregados do solo foram maiores nos sistemas agroflorestais do que no sistema convencional de café sem sombra. O solo sob sistema de manejo agroflorestal de café com árvores de ingá e leucena apresentou alta agregação e os maiores teores de (COT) em todas as classes de agregado.
8°	Perez-Marin e Menezes (2008)	Biodiverso	PB	deposição atmosférica e ciclagem de nutrientes	Na área experimental, foram delimitadas quatro parcelas, onde foram instalados coletores a 0,50 m de distância do tronco das árvores de <i>gliricídia</i> e coletores tipo “colarinho” acoplados ao redor do tronco destas. Paralelamente, foram instalados coletores em áreas adjacentes, sem árvores, para quantificação da precipitação pluvial total. Da precipitação pluvial total, 67% escoou através da copa, 0,74% escoou pelo tronco e 32% foi interceptada pela copa das árvores. As concentrações de N e P foram similares nas amostras da água escoada através da copa ou pelo tronco, porém, estas foram cerca de 300% maiores do que na água de chuva. A concentração de K na água escoada pelo tronco foi cerca de 100% e 600% maior do que na água escoada através da copa e na água de chuva, respectivamente. Em média, os aportes de N, P e K ao solo foram de 5, 1 e 24 kg ha <sup>-1</sup> na água de chuva; 9, 2 e 62 kg ha <sup>-1</sup> na água escoada através da copa; e 0,12, 0,02 e 1 kg ha <sup>-1</sup> na água escoada pelo tronco, respectivamente. Os resultados demonstram a importância da adoção de sistemas agroflorestais para a sustentabilidade de sistemas agrícolas de baixo uso de



					insumos externos, como os da região semiárida do Nordeste.
9°	Toma et al. (2013)	Biodiverso	SP	atributos físico-hídricos do solo, condutividade hidráulica e matéria orgânica	O SAF apresentou evolução dos seus atributos físicos-hídricos do solo ao longo do tempo avaliado (abril de 2009 até janeiro de 2011), isso foi possível pelo acúmulo de matéria orgânica, característica geral dos SAFs, que contribui na melhoria dos atributos físicos do solo como a densidade e a porosidade, favorecendo o funcionamento hídrico. Com estes resultados obtidos, foi possível evidenciar o potencial do SAF em melhorar ou manter os atributos físicos-hídricos do solo, tornando-se opção para a sua implantação na região, visto que apresentou resultados que indicam o baixo risco a formação de enxurrada e erosão, sendo uma alternativa de produção interessante para os produtores, pois promove a conservação do solo e da água.
10°	Araújo (2019)	Simple	ES	disponibilidade hídrica em bacias hidrográficas	Com o uso dos indicadores, verificou-se que a condição hidrológica da bacia sofreu variações devido ao aumento da cobertura de SAFs, no sentido de aumento da disponibilidade hídrica na bacia. A dinâmica das águas subterrâneas foi alterada progressivamente, com o aumento de SAFs. A adoção desses sistemas produziu aumento da percolação da água no solo ( $PERC/PERC$ ) <sup>5</sup> , com consequente incremento sobre o armazenamento de água nos aquíferos profundos e rasos, fato verificado pela elevação da contribuição do fluxo de base para as vazões nos cursos d'água ( $GWq^6/WYLD$ ) <sup>7</sup> . Ao passo que se verificou a redução da contribuição do escoamento superficial para as vazões ( $SURq^8/WYLD$ ). De modo geral, verificou-se que os SAFs contribuem para a melhoria da condição

<sup>5</sup> Água que percola da zona da raiz durante o intervalo de tempo (mm);

<sup>6</sup> Contribuição da água subterrânea para a vazão (mm). Fluxo de base;

<sup>7</sup> Rendimento da água para vazão (mm);

<sup>8</sup> Escoamento superficial gerado (mm).



					hidrológica de uma região hidrográfica, proporcionando maior retenção e potencial de aproveitamento da água precipitada, tendo em vista o favorecimento aos processos de percolação e produção de fluxo de base. Os cenários que apresentaram efeitos mais positivos sobre a condição hidrológica da região foram aqueles que tiveram de 16% a 42% de aumento da área de cobertura pelos sistemas.
--	--	--	--	--	--

**Quadro 1:** Resumo de artigos contendo os autores, o ano de publicação, o tipo de SAF, o local de ocorrência, a variável analisada e a conclusão a partir dos resultados encontrados, demonstrando a eficiência desses sistemas de produção sustentável

**Fonte:** Mecanismo de busca - Google Acadêmico. Elaborado pelo Autor (2025) \* Mais informações e acesso aos artigos consultar os links nas referências.