

UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO E ARTES
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO

Caracterização Ecológica do Refúgio de Vida Silvestre do Bicudinho
(Guararema-SP) para conservação da biodiversidade

Laura Shirasaki Brandão

São José dos Campos – SP

2025

UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO E ARTES

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Caracterização Ecológica do Refúgio de Vida Silvestre do Bicudinho (Guararema-SP)
para conservação da biodiversidade

LAURA SHIRASAKI BRANDÃO

Relatório Final apresentado como parte das exigências da disciplina Trabalho de Graduação II à Banca Examinadora da Faculdade de Educação e Artes da Universidade do Vale do Paraíba.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Maria Regina de Aquino Silva

São José dos Campos – SP
2025

Dedico este trabalho aos meus pais, Ivan e Alexandra, expresso minha mais sincera e eterna gratidão. Pelo amor incondicional, pela dedicação diária, pelo cuidado que nunca me faltou e pelos incontáveis sacrifícios feitos ao longo da minha vida. Esta conquista é reflexo direto de tudo o que me ensinaram e do apoio que sempre me deram. Esta vitória é nossa!

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por ser meu alicerce e minha luz em todos os momentos. Foi Sua presença que fortaleceu minha fé, guiou meus passos e sustentou meu coração durante toda esta jornada acadêmica.

Aos meus pais, Ivan e Alexandra, minha mais profunda gratidão. Obrigada pelo amor incondicional, pela dedicação diária, pela paciência e por acreditarem em mim mesmo nos dias mais difíceis. Cada conquista minha carrega o esforço e o carinho de vocês.

Ao meu noivo, Matheus, meu companheiro de todos os dias, obrigada pela compreensão, pelo apoio constante e por me incentivar a continuar mesmo quando o cansaço parecia maior. Sua presença tornou tudo mais leve.

Ao meu querido amigo João Pedro Soares, obrigada por ser presença. Sua amizade tornou essa caminhada mais leve, mais bonita e mais possível. Sou muito grata por cada palavra, cada risada e cada gesto de apoio.

À professora Dra. Maria Regina de Aquino Silva, minha eterna gratidão pela orientação sensível, pela confiança e por acreditar no meu potencial mesmo quando eu duvidava. Sua dedicação e carinho tornaram este trabalho mais do que um projeto, tornaram-no aprendizado para a vida.

Ao Instituto Suinã, expresse meu agradecimento especial por todo o suporte e contribuição para o desenvolvimento desta pesquisa. Ao apoio e às áreas de estudo que foram fundamentais para a execução deste projeto e ampliaram significativamente minha formação científica.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado nesta caminhada, obrigada pela compreensão, pelas palavras de apoio, pelas risadas e por tornarem essa trajetória mais leve e mais feliz. Vocês fizeram parte de cada etapa deste processo. Este trabalho é, em parte, fruto de cada gesto, palavra e apoio recebido ao longo desses anos.

RESUMO

O Bicudinho-do-Brejo-Paulista (*Formicivora paludicola*) é uma espécie endêmica do Vale do Paraíba, no estado de São Paulo, e encontra-se classificada como criticamente ameaçada de extinção. Essa ave apresenta forte dependência de brejos para alimentação e reprodução, habitats caracterizados por elevada umidade, presença de vegetação alagadiça e micro-habitats específicos para nidificação e forrageamento. Ecologicamente, esses ecossistemas úmidos desempenham papéis vitais na manutenção do ciclo hidrológico, na purificação da água e no controle da erosão, sendo considerados Áreas de Preservação Permanente (APP). Diante disso, este estudo teve por objetivo realizar pesquisas sobre a biodiversidade e a qualidade ambiental dos brejos da Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre do Bicudinho, localizada no município de Guararema (SP), a fim de contribuir com a preservação do Bicudinho-do-Brejo-Paulista. Para tanto foi elaborado e aplicado um protocolo de avaliação rápida (PAR) a fim de caracterizar ecologicamente o ambiente, bem como foram avaliados parâmetros físico-químicos, determinados por meio de uma sonda multiparâmetros e análises laboratoriais por espectrofotometria para nutrientes e a qualidade microbiológica avaliada pelo método Colilert para detecção de coliformes e *E. coli*. A caracterização biológica baseou-se em armadilhas de colonização e identificação taxonômica de macroinvertebrados bentônicos. Os resultados da aplicação do PAR indicaram que, em outubro de 2024, o P1 foi classificado como “Sistema Alterado” e o P2 como “Natural”. No entanto, na campanha realizada em maio de 2025, observou-se resultado inverso, com P1 classificado como “Natural” e P2 como “Alterado”, evidenciando variação temporal na integridade ecológica dos ambientes avaliados. Quanto à qualidade da água, parâmetros como pH, oxigênio dissolvido, amônia, fosfato e coliformes apresentaram valores acima dos limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 nos períodos avaliados. A comunidade bentônica foi dominada por *Chironomidae* e *Oligochaeta*, organismos tolerantes a matéria orgânica, indicando condições ambientais medianas, porém ainda compatíveis com brejos conservados. Os resultados reforçam a importância do monitoramento contínuo na área do RVS do Bicudinho, contribuindo para ações de manejo que assegurem a conservação e a integridade ecológica dos ecossistemas úmidos da região.

Palavras-chave: Qualidade Ambiental, Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), Conservação.

ABSTRACT

The Bicudinho-do-Brejo-Paulista (*Formicivora paludicola*) is an endemic species of the Vale do Paraíba, in the state of São Paulo, and is classified as critically endangered. This bird shows strong dependence on wetlands for feeding and reproduction, habitats characterized by high humidity, marsh vegetation, and specific microhabitats for nesting and foraging. Ecologically, these wet ecosystems play vital roles in maintaining the hydrological cycle, water purification, and erosion control, being considered Permanent Preservation Areas (APP). Therefore, this study aimed to conduct research on the biodiversity and environmental quality of the wetlands in the Wildlife Refuge of the Bicudinho Conservation Unit, located in the municipality of Guararema (SP), in order to contribute to the preservation of the Bicudinho-do-Brejo-Paulista. For this purpose, a rapid assessment protocol (PAR) was developed and applied to ecologically characterize the environment, and physicochemical parameters were evaluated using a multiparameter probe and laboratory analyses by spectrophotometry for nutrients, while microbiological quality was assessed using the Colilert method for the detection of coliforms and *E. coli*. Biological characterization was based on colonization traps and taxonomic identification of benthic macroinvertebrates. The results of the PAR application indicated that, in October 2024, P1 was classified as “Altered System” and P2 as “Natural.” However, in the campaign conducted in May 2025, the opposite result was observed, with P1 classified as “Natural” and P2 as “Altered,” indicating temporal variation in the ecological integrity of the evaluated environments. Regarding water quality, parameters such as pH, dissolved oxygen, ammonia, phosphate, and coliforms showed values above the limits established by CONAMA Resolution No. 357/2005 in at least one of the evaluated periods. The benthic community was dominated by Chironomidae and Oligochaeta, organisms tolerant to organic matter and widely used as bioindicators, indicating moderate environmental conditions, though still compatible with conserved wetlands. The results reinforce the importance of continuous monitoring in the RVS of the Bicudinho area, contributing to management actions that ensure the conservation and ecological integrity of the region’s wet ecosystems.

Keywords: Environmental Quality, Rapid Assessment Protocol (PAR), Conservation.

Sumário

1. Introdução	10
2. Objetivo.....	11
2.1. Objetivo Geral	11
2.2. Objetivos Específicos	11
3. Revisão de Literatura	12
3.1. Os Brejos e sua importância Ambiental	12
3.2. O Bicudinho do Brejo Paulista	12
3.3. Protocolo de Avaliação Rápida	14
3.4. Avaliação da Qualidade da Água: Parâmetros Físico-químicos e Microbiológicos	15
3.4.1. Condutividade	15
3.4.2. Turbidez.....	15
3.4.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)	16
3.4.4. Oxigênio Dissolvido (OD)	16
3.4.5. Amônia – Nitrogênio Amoniacal	16
3.4.6. Nitrito	16
3.4.7. Fosfato	16
3.4.8. Coliformes totais e termotolerantes.....	16
3.5 Organismos Bioindicadores	17
3.5.1 Macroinvertebrados Bentônicos.....	17
3.5.2 Organismos Bentônicos e sua Importância como bioindicadores.....	18
3.5.3 A Relevância dos Organismos Bentônicos nos Ecossistemas de Brejo.....	19
4. Metodologia	20
4.1. Ambiente de estudo	20
4.1.1. Brejo da Estrada da Lagoa Nova	23
4.1.2 Brejo da Cachoeira do Putim.....	25
4.2. Protocolo de Avaliação Rápida – PAR	27
4.3. Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos	29
4.4. Coleta e análise de macroinvertebrados bentônicos.....	30
4.4.1 Procedimentos de Coleta.....	30
4.4.2 Triagem e Identificação.....	32
4.4.3 Análise Quantitativa e Qualitativa	34
4.4.4 Avaliação Ecológica.....	36

5.Resultados	37
5.1. Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida	37
5.2. Avaliação da qualidade da água	42
Potencial hidrogeniônico (pH)	43
Oxigênio Dissolvido (OD)	43
Condutividade	44
Turbidez.....	44
Amônia	44
Nitrito	45
Fósforo Total	45
Coliformes Totais e Fecais	45
5.3 Macroinvertebrados bentônicos	47
5.3.1. Diversidade e Estrutura da Comunidade	48
5.3.2 Avaliação da Qualidade Ambiental.....	49
6. Discussão	50
6.1. Qualidade da água e influência sazonal	50
6.2. Estrutura da comunidade bentônica	51
6.3. Conectividade ecológica e importância trófica	52
6.4. Implicações ecológicas e manejo	52
7. Conclusão.....	53
8. Referências.....	54
ANEXOS	60
Anexo 1- Tabela - Protocolo de avaliação Rápida	61
Anexo 2- Protocolos para análise da água: Amônia, Nitrito e Nitrato	63
Determinação de Amônia (NH ₃).....	63
Determinação de Nitrito (NO ₂ ⁻)	64
Determinação de Fósforo Total (PO ₄ ³⁻).....	64

1. Introdução

Os brejos são ecossistemas úmidos de vital importância para a biodiversidade e para regulação hídrica, desempenhando papéis essenciais na manutenção dos ciclos naturais e na proteção dos recursos ambientais (Cardoso *et al.*, 2022). Em Guararema, um município do interior de São Paulo, esse ambiente tem papel fundamental na conservação de espécies endêmicas e na manutenção do equilíbrio ecológico regional. Entre as espécies que dependem diretamente desses ecossistemas está o Bicudinho-do-Brejo-Paulista (*Formicivora paludicola*), ave endêmica e criticamente ameaçada de extinção, cuja sobrevivência está intimamente ligada à integridade dos brejos (Bencke *et al.*, 2006; Buzzetti *et al.*, 2013).

Devido a sua relevância ecológica, os brejos são reconhecidos como Área de Preservação Permanente (APP), sendo protegidos pelo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012). A legislação determina que essas áreas devem ser mantidas com sua vegetação original, livres de pastoreio e de qualquer forma de supressão ou drenagem animais num raio de 50 metros a partir da área encharcada. Qualquer intervenção sem a devida licença ambiental configura crime ambiental (Brasil, 2012). Nos contextos semiáridos e subtropicais os brejos desempenham papel ainda mais relevante, por apresentarem maior disponibilidade hídrica que as áreas adjacentes, funcionando como refúgios ecológicos e garantindo a sobrevivência de diversas espécies (Maltchik; Schneider, 2004).

Entretanto o crescimento industrial e populacional, especialmente ao longo eixo Rio-São Paulo têm exercido forte pressão sobre os ecossistemas naturais. A expansão urbana desordenada, o lançamento de efluentes e o uso inadequado das áreas alagadas para o tratamento de resíduos industriais e domésticos afetam a qualidade da água e do solo comprometendo a integridade ecológica e ameaçando a fauna e flora locais (Tundisi, 2008).

Nesse cenário torna-se essencial buscar o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental, assegurando a continuidade dos serviços e a manutenção da biodiversidade (Primack; Rodrigues, 2001).

O uso do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) representa uma ferramenta eficiente para programas de monitoramento ecológico e na recuperação de ambientes aquáticos.

Este protocolo avalia parâmetros físico-químicos e estruturais da água e do entorno a partir da observação e atribuição de pontuações, permitindo uma interpretação prática de integridade ambiental (Callisto; Ferreira; Moreno, 2002). Os resultados obtidos orientam ações de manejo e subsidiar políticas públicas voltadas a conservação e ao uso sustentável dos recursos hídricos.

A criação do Refúgio de Vida Silvestre (RVS) do Bicudinho constitui uma iniciativa estratégica voltada a proteção não apenas essa ave endêmica, mas também de outros organismos ameaçados, como o sagui-da-serra-escuro (*Callithrix aurita*) e a águia-cinzenta (*Urubitinga coronata*). A Unidade de Conservação, com área aproximada de 2.373 hectares, desempenha um papel essencial preservação dos ecossistemas úmidos, contribuindo para regulação hídrica, o controle climático e a manutenção da diversidade biológica (SILVEIRA *et al.*, 2009).

Diante do exposto, a implementação de práticas de monitoramento e conservação, como a aplicação do PAR tem se mostrado eficaz na coleta e análise de dados em campo, possibilitando o acompanhamento contínuo das condições ambientais. Esse tipo de avaliação é fundamental para garantir que os recursos naturais do refúgio sejam geridos de maneira sustentável, cumprindo a função ecológica e social atribuída as Unidades de Conservação (UC) (Buzzetti *et al.*, 2013).

2. Objetivo

2.1. Objetivo Geral

Realizar estudos sobre a qualidade ambiental e a biodiversidade dos brejos presentes na Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre do Bicudinho (Guararema - SP), visando contribuir para preservação do Bicudinho-do-Brejo-Paulista (*Formicivora paludicola*) bem como garantir a integridade ecológica desses ecossistemas úmidos essenciais para manutenção da biodiversidade regional.

2.2. Objetivos Específicos

1. Avaliar a Qualidade Ambiental dos Brejos onde ocorrem populações de Bicudinho-do-Brejo-Paulista, utilizando o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) como ferramenta de diagnóstico ecológico;

2. Analisar a qualidade da água dos brejos e do sistema hídrico associado, por meio de parâmetros físico-químicos e biológicos;
3. Caracterizar a comunidade de macroinvertebrados bentônicos presentes nas áreas de estudo, considerando esses organismos como bioindicadores da qualidade ambiental;
4. Estabelecer a qualidade ambiental atual dos brejos, com base em levantamentos de campo e diagnóstico integrado dos fatores ambientais (meio físico, meio biológico e meio antrópico);
5. Identificar e Mapear as principais ameaças ao habitat do Bicudinho-do-Brejo-Paulista, incluindo a poluição, invasão de espécies exóticas e pressões antrópicas, de modo a subsidiar ações de manejo e conservação.

3. Revisão de Literatura

3.1. Os Brejos e sua importância Ambiental

Os brejos são ecossistemas úmidos caracterizados pela presença constante ou periódica de água, o que cria condições de saturação do solo e favorece o desenvolvimento de uma vegetação adaptada a ambientes encharcados (Maltchik; Callisto, 2004). Esses ambientes podem ocorrer em áreas de baixada, vales entre montanhas, ou como brejos de altitude, geralmente associados à presença de nascentes, lençóis freáticos superficiais ou regimes de chuvas constantes (Maltchik; Schneider, 2004). No Brasil, esses ecossistemas se destacam principalmente no bioma da Caatinga, onde formam "ilhas de umidade" que contrastam com a vegetação seca ao redor, desempenhando um papel essencial na manutenção da biodiversidade (Araújo; Ferraz; Tabarelli, 2005). Os brejos atuam como reguladores do ciclo hidrológico, contribuindo para a recarga de aquíferos e a manutenção de nascentes (TUNDISI, 2008). Além disso, funcionam como importantes sumidouros de carbono auxiliando na mitigação das mudanças climáticas, e como filtros naturais, retendo sedimentos e poluentes (Mitsch; Gosselink, 2015).

3.2. O Bicudinho do Brejo Paulista

O Bicudinho-do-Brejo-Paulista (Figura 1) é uma das aves mais emblemáticas dos sistemas úmidos do estado de São Paulo. Medindo cerca de 15 cm de comprimento,

apresenta bico fino e alongado, adaptado a captura de insetos entre a vegetação densa dos brejos (Reisfeld *et al.*, 2020). Sua distribuição geográfica é extremamente restrita, ocorrendo apenas nas áreas de brejo associadas as bacias do Alto Tietê e Alto Paraíba do Sul, com registros em seis municípios paulistas: Guararema, Santa Branca, Mogi das Cruzes, Biritiba-Mirim, Salesópolis e São José dos Campos (Bencke *et al.*, 2006; Buzzetti *et al.*, 2013). Devido à sua alta especificidade de habitat e a fragmentação dos ambientes úmidos, a espécie encontra-se criticamente ameaçada de extinção, conforme os critérios, da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2018; Reisfeld *et al.*, 2020). Entre as principais ameaças estão a drenagem e a conversão dos brejos para atividades agrícolas, a extração de areia e a invasão por espécies exóticas como o lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*), que altera a estrutura da vegetação nativa e compromete o equilíbrio ecológico (Reisfeld *et al.*, 2020; Silveira *et al.*, 2009). Essa espécie habita predominantemente áreas de vegetação ripária e brejos de água limpa e corrente, onde encontra abrigo e alimento, composto majoritariamente de insetos e pequenos invertebrados. Esses ambientes oferecem locais seguros para nidificação, protegendo os ovos e filhotes contra predadores. A conservação do Bicudinho-do-brejo-paulista é, portanto, primordial para a manutenção da preservação dos brejos. Assim, proteger o habitat do Bicudinho-do-Brejo-Paulista é uma prioridade, sendo essencial para manter a integridade ecológica e a funcionalidade desses ecossistemas.

Figura 1 – Bicudinho-do-Brejo-Paulista (Fêmea)



Fonte: Caio Brito | Brazil Birding Experts

3.3. Protocolo de Avaliação Rápida

Os Protocolos de Avaliação Rápida (PAR) constituem ferramentas metodológicas voltadas a análise integrada de variáveis físicas, químicas e biológicas dos ecossistemas aquáticos (Plafkin *et al.*, 1989; Callisto; Ferreira; Moreno, 2002). Essas condições de referência são obtidas a partir do monitoramento sistemático de áreas com baixa interferência antrópica, refletindo a variabilidade natural da qualidade da água, dos habitats e dos componentes biológicos (PLAFKIN *et al.*, 1989).

Desenvolvidos originalmente pela U.S. Environmental Protection Agency (EPA), esses protocolos foram adaptados no Brasil para subsidiar programas de monitoramento ambiental e manejo de bacias hidrográficas (Barbour *et al.*, 1999; Callisto *et al.*, 2002). Entre suas principais vantagens destacam-se o baixo custo operacional, a agilidade na geração de resultados e a capacidade de avaliação simultânea de múltiplos pontos amostrais (Callisto; Esteves, 1995).

No que se refere à avaliação da qualidade da água, os PAR são particularmente eficazes na detecção de alterações ecológicas, por meio da análise de comunidades aquáticas, com ênfase na composição e diversidade das espécies (Callisto *et al.*, 2002). Caso sejam identificados sinais de impacto, os dados biológicos obtidos podem ser complementados com análises físico-químicas e testes de toxicidade, os quais auxiliam na identificação de contaminantes e suas respectivas fontes, além de embasar a proposição de medidas mitigadoras (U.S. EPA, 1985; BARBOUR, 1991).

Embora sejam amplamente aplicados na comparação entre condições anteriores e posteriores a eventos impactantes, os PAR também podem ser utilizados em etapas intermediárias do diagnóstico ambiental, auxiliando na identificação de causas de degradação. Para isso, é necessária a integração entre dados biológicos, físicos, químicos e toxicológicos. As análises biológicas destacam áreas críticas, enquanto as demais evidências ajudam a confirmar os agentes poluentes e a definir limites de descarte compatíveis com os padrões ambientais vigentes (PLAFKIN *et al.*, 1989).

A complexidade da dinâmica dos recursos hídricos, sobretudo no que tange à qualidade da água, exige uma abordagem sistêmica e interdisciplinar, especialmente no âmbito de programas de monitoramento e planejamento ambiental. Nesse sentido, a efetividade dos PAR é ampliada quando integrados a outras estratégias complementares

de gestão, contribuindo para a abordagem integrada dos recursos hídricos (PLAFKIN et al., 1989). A análise baseou-se em 22 parâmetros qualitativos, com pesos atribuídos conforme o grau de conservação identificado em campo.

No Brasil, os protocolos adaptados por Callisto e colaboradores foram aplicados com sucesso em diversas regiões, como no Parque Nacional da Serra do Cipó (MG), onde foram analisados aspectos como qualidade da água e do sedimento, vegetação ciliar e processos de assoreamento (Callisto *et al.*, 2002).

Além dos instrumentos técnicos e legais disponíveis para o monitoramento dos recursos hídricos, destaca-se a relevância da participação social nesse processo. Conforme argumentam Rodrigues *et al.* (2008), o envolvimento da sociedade na aplicação dos PAR permite a obtenção de dados consistentes com baixo custo e sem a necessidade de especialistas. Ademais, essa participação promove a conscientização ambiental e estimula a valorização e a gestão sustentável dos ecossistemas aquáticos.

3.4. Avaliação da Qualidade da Água: Parâmetros Físico-químicos e Microbiológicos

A qualidade da água é um indicador essencial da integridade ecológica dos ecossistemas aquáticos e pode ser avaliada a partir de parâmetros físico-químicos e microbiológicos definidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005).

3.4.1. Condutividade

A condutividade expressa a capacidade da água de conduzir corrente elétrica, sendo diretamente relacionada a concentração de íon dissolvidos, portanto, representando uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, valores superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados (CETESB, 2009).

3.4.2. Turbidez

A turbidez mede a interferência da luz ao atravessar a água, sendo influenciada pela presença de sólidos em suspensão de origem orgânica ou inorgânica. Altos níveis de turbidez reduzem a penetração da luz, diminuindo a fotossíntese e comprometendo as comunidades aquáticas (CETESB, 2009).

3.4.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é um dos parâmetros mais importantes no controle da qualidade da água, pois afeta a solubilidade de metais e a toxicidade de compostos químicos. Para a manutenção da vida aquática, o pH deve situar-se entre 6,0 e 9,0 (CETESB, 2009; BRASIL, 2005).

3.4.4. Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido reflete a capacidade do corpo hídrico de sustentar a vida aquática. Por ser um gás pouco solúvel em água e a sua solubilidade depender da pressão, da temperatura e dos sais dissolvidos, eventualmente a concentração de saturação é encontrada por volta de 8 mg/L a uma temperatura de 25°C entre 0 e 1.000 m de altitude (Derisio, 1992).

3.4.5. Amônia – Nitrogênio Amoniacal

A amônia é um indicador de poluição orgânica recente frequentemente proveniente de esgoto doméstico e pode atingir níveis tóxicos para organismos aquáticos. Em águas naturais, recomenda-se que os valores não ultrapassem 0,5 mg/L (CETESB, 2009)

3.4.6. Nitrito

O nitrito é um intermediário do ciclo do nitrogênio e, em concentrações elevadas, torna-se tóxico para organismos aquáticos. Sua presença está associada à atividade bacteriana em ambientes ricos em matéria orgânica. Em águas não poluídas, deve permanecer abaixo de 0,1 mg/L (CONAMA, 2005).

3.4.7. Fosfato

O fósforo é um nutriente essencial, quando em excesso, causa eutrofização, estimulando crescimento excessivo de algas e comprometendo o oxigênio dissolvido. Em águas naturais, valores seguros estão abaixo de 0,05 mg/L (CETESB, 2009).

3.4.8. Coliformes totais e termotolerantes

Os coliformes, especialmente *Escherichia coli* constituem um grupo de bactérias anaeróbias facultativas. Esses microrganismos são utilizados como indicadores de

contaminação fecal recente. Sua presença em águas superficiais sugere a possível existência de patógenos entéricos e representa um risco potencial à saúde pública (BRASIL, 2021; CONAMA, 2005).

3.5 Organismos Bioindicadores

Os organismos bioindicadores, como macroinvertebrados bentônicos, peixes e algas, são amplamente utilizados na avaliação da qualidade ambiental por refletirem alterações ecológicas ao longo do tempo (Callisto, 2009; Esteves, 1995; Resh, 1993). A composição e a abundância dessas comunidades indicam o grau de perturbação de um ecossistema, permitindo identificar impactos que não seriam detectáveis por análises físico-químicas isoladas.

No contexto dos brejos e sistemas aquáticos brasileiros, os macroinvertebrados se destacam por sua sensibilidade a alterações de oxigenação, temperatura, substrato e poluição orgânica (Callisto; Ferreira; Moreno, 2002). Dessa forma, seu uso como ferramenta de biomonitoramento é essencial para a conservação dos ambientes úmidos e para o manejo sustentável dos recursos hídricos (Maltchik; Callisto, 2004).

3.5.1 Macroinvertebrados Bentônicos

Os macroinvertebrados bentônicos correspondem aos organismos invertebrados visíveis a olho nu que habitam o fundo de ambientes aquáticos, associando-se aos sedimentos, detritos, raízes e estruturas submersas como rochas e macrófitas (Mugnai, Nessimian & Baptista, 2010). Esses organismos englobam uma ampla diversidade de grupos, como insetos aquáticos (larvas de Diptera, Ephemeroptera, Trichoptera, entre outros), anelídeos, moluscos e crustáceos (Callisto et al., 2014; Thorp & Covich, 2010).

Ecologicamente, desempenham papel fundamental na estrutura e funcionamento dos ecossistemas aquáticos, atuando como decompositores e fragmentadores da matéria orgânica, acelerando os processos de ciclagem de nutrientes e promovendo a oxigenação e bioturbação do sedimento (Silva *et al.*, 2022). Além disso, integram níveis intermediários

da teia trófica, servindo de elo entre produtores primários e consumidores de ordens superiores, como peixes, anfíbios e aves aquáticas (Baptista *et al.*, 2018).

Essas funções tornam as comunidades bentônicas essenciais para a manutenção da qualidade ecológica dos ecossistemas, influenciando diretamente a produtividade primária, o transporte de matéria orgânica e a estabilidade do microhabitat (Callisto *et al.*, 2004).

3.5.2 Organismos Bentônicos e sua Importância como bioindicadores

Por estarem em contato direto e constante com o substrato e a coluna d'água, e apresentarem ciclos de vida relativamente longos, os macroinvertebrados bentônicos respondem de forma integrada às alterações físico-químicas e biológicas do ambiente (Rosenberg & Resh, 1993; Barbour *et al.*, 1999). Assim, são amplamente utilizados como bioindicadores da qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos continentais.

A composição, riqueza e abundância relativa das comunidades bentônicas refletem tanto processos naturais de variação temporal como flutuações sazonais e hidrológicas, quanto impactos antrópicos como poluição orgânica, sedimentação, eutrofização ou supressão de vegetação ciliar (Mugnai *et al.*, 2010; Baptista *et al.*, 2018).

Determinados grupos apresentam diferentes graus de tolerância às alterações ambientais sendo as ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) reconhecidas por sua alta sensibilidade à poluição e à baixa disponibilidade de oxigênio dissolvido. Diante disso, são consideradas indicadoras de ambientes conservados. Em contrapartida, grupos como Chironomidae (Diptera) e Oligochaeta (Haplotaxida) são considerados tolerantes a condições de degradação e predominam em ambientes eutrofizados ou com sedimento orgânico (Baptista *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2022).

Portanto, a avaliação da comunidade bentônica permite uma análise ecológica integrada, fornecendo um diagnóstico mais preciso do estado trófico e da integridade ambiental dos corpos d'água do que análises físico-químicas isoladas (Rosenberg & Resh, 1993; Mugnai *et al.*, 2010).

3.5.3 A Relevância dos Organismos Bentônicos nos Ecossistemas de Brejo

Nos ecossistemas de brejo, caracterizados como ambientes úmidos de transição entre solos alagados, corpos d'água de fluxo lento ou estagnado e vegetação palustre, os macroinvertebrados bentônicos assumem papel ecológico de destaque (Maltchik *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2022). Esses organismos participam ativamente da ciclagem de nutrientes, transformando matéria orgânica derivada de folhas, raízes e detritos vegetais em formas assimiláveis por outros níveis tróficos (Callisto *et al.*, 2004; Mugnai, Nessimian & Baptista, 2010). Além disso, contribuem para a oxigenação do sedimento e da água superficial, especialmente por meio de atividades de forrageamento, escavação e movimentação do substrato, processos que favorecem a bioturbação e a manutenção de microhabitats adequados para anfíbios, larvas de insetos aquáticos e outros invertebrados (Rosenberg & Resh, 1993; Baptista *et al.*, 2018).

A heterogeneidade estrutural desses ambientes, resultante da variação de profundidade, regime hidrológico, composição da vegetação aquática e quantidade de detrito orgânico, sustenta uma alta diversidade de nichos bentônicos (Thorp & Covich, 2010; Callisto *et al.*, 2014). Essa variabilidade espacial e temporal contribui para a estabilidade ecológica e resiliência das comunidades aquáticas, permitindo o estabelecimento de organismos com diferentes estratégias alimentares e tolerâncias ambientais (Silva *et al.*, 2022).

Adicionalmente, estudos têm mostrado que as comunidades bentônicas de brejos naturais diferem significativamente das observadas em ambientes artificiais, como cavas de areia e lagoas escavadas, tanto em composição quanto em estrutura trófica (Figueiredo *et al.*, 2006; Maltchik *et al.*, 2010). Essa diferença decorre de fatores como maior estabilidade hidrológica, heterogeneidade de microhabitats, interação com vegetação palustre e menor impacto antrópico (Callisto *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2022).

Esse contraste possui grande relevância ecológica e conservacionista, pois permite avaliar de que forma as pressões antrópicas e modificações na paisagem alteram a composição e o funcionamento da fauna bentônica, refletindo diretamente na qualidade

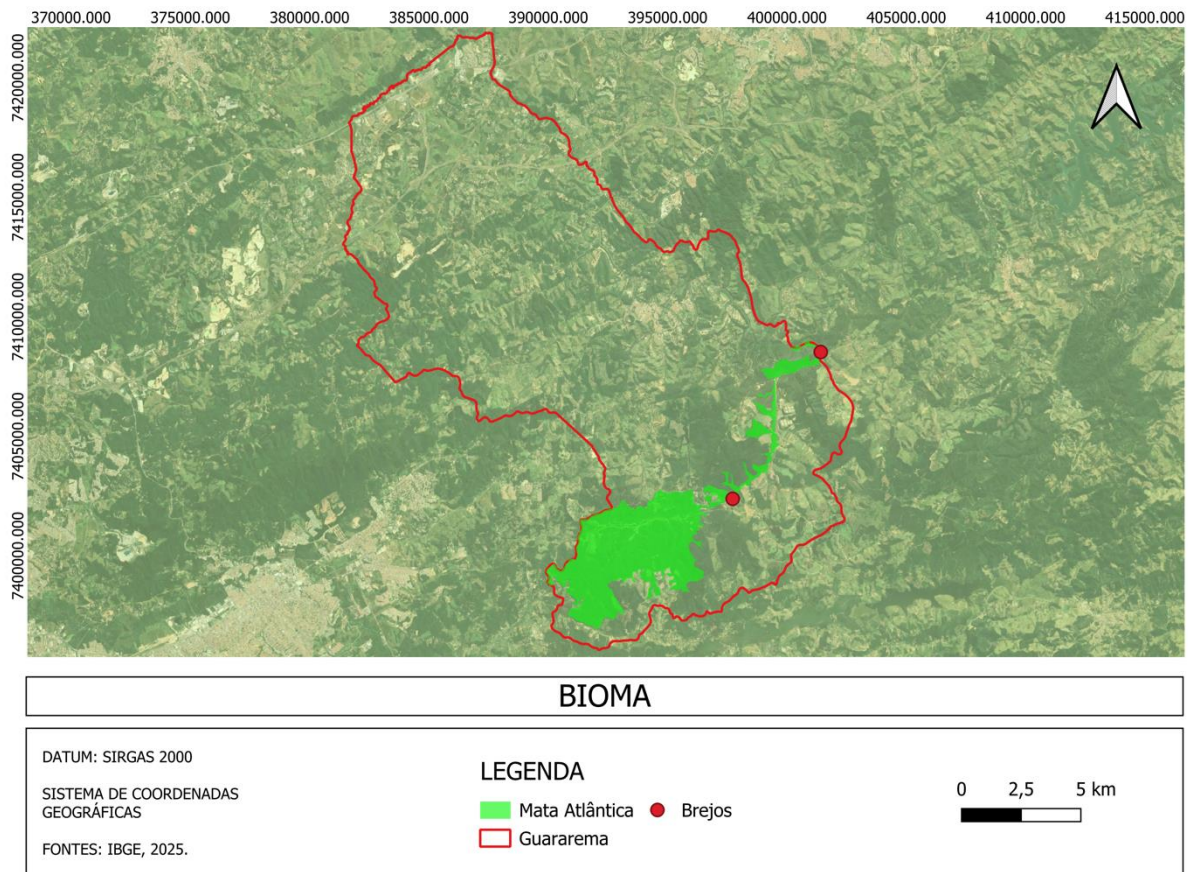
ambiental e nos serviços ecossistêmicos prestados pelos brejos (Baptista *et al.*, 2018; Maltchik *et al.*, 2010).

4. Metodologia

4.1. Ambiente de estudo

O município de Guararema está localizado no estado de São Paulo, integrando a Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, a aproximadamente 80 km da capital paulista. O território municipal encontra-se inserido no domínio da Mata Atlântica (Figura 2), um dos biomas mais biodiversos e ameaçados do planeta, reconhecido como hotspot mundial de conservação (Myers *et al.*, 2000; Ribeiro *et al.*, 2009).

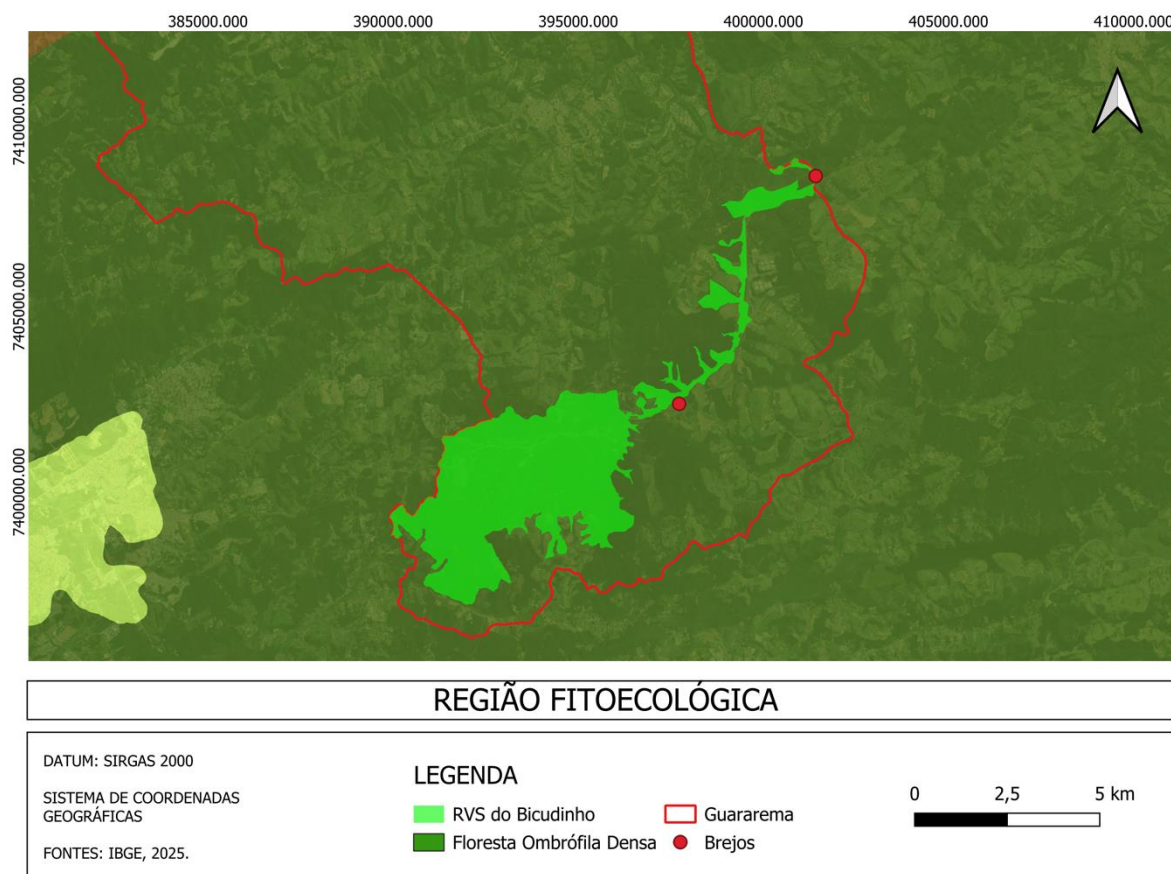
Figura 2 – Mapa do Bioma da região



Fonte: A autora, 2025.

A vegetação predominante na região é composta pela Floresta Ombrófila Densa, também conhecida como Mata Atlântica de Encosta (Figura 3), com trechos de vegetação secundária em diferentes estágios sucessionais, resultado do histórico de uso e ocupação do solo (De Oliveira, 2023). Esses fragmentos florestais exercem papel crucial na manutenção da conectividade ecológica e na regulação climática local.

Figura 3 – Região Fitoecológica



Fonte: A autora, 2025.

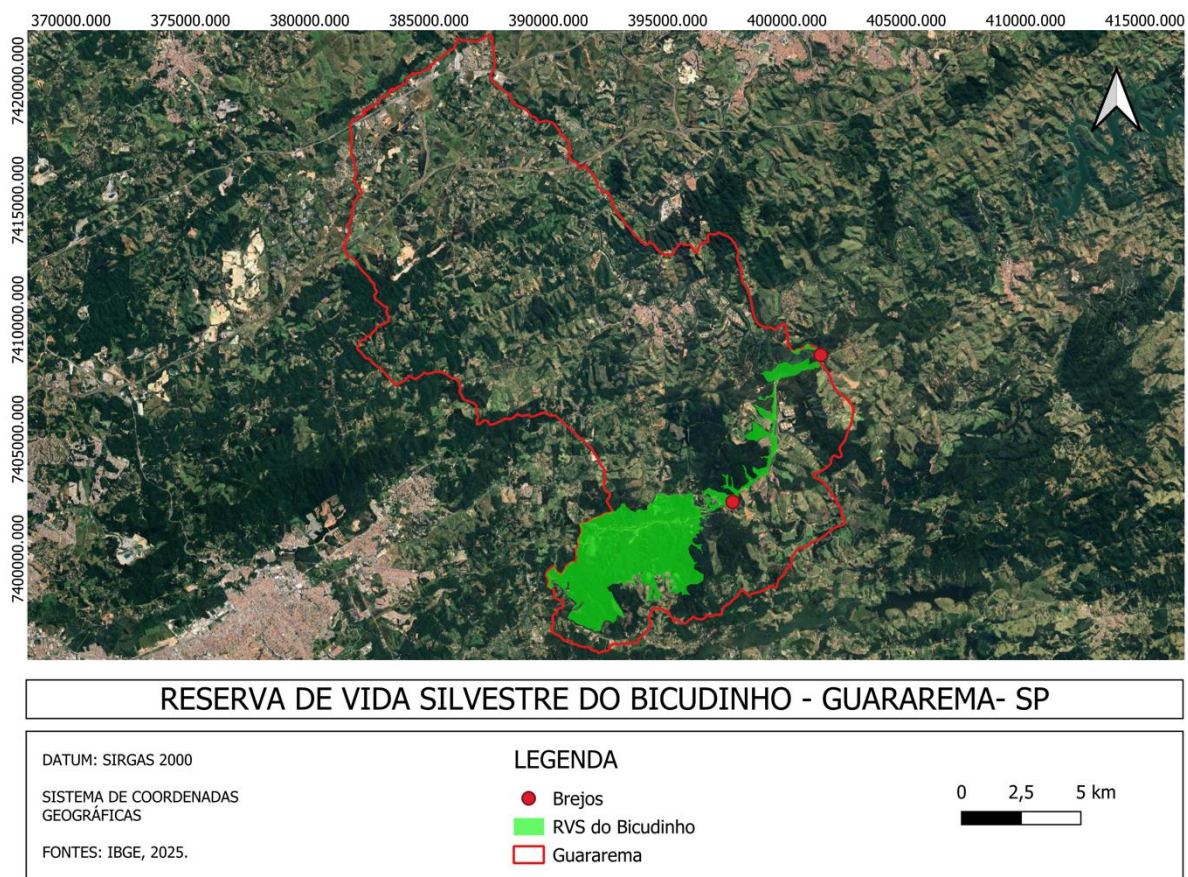
O relevo de Guararema caracteriza-se por áreas de média declividade, intercaladas por vales úmidos com e matas ciliares que margeiam corpos d'água de pequeno porte, como córregos e nascentes. Esses ambientes desempenham funções ecológicas fundamentais, incluindo a retenção de sedimentos, a recarga hídrica e o suporte a biodiversidade local (Tundisi, 2008).

O clima da região é classificado como tropical úmido (Cwa) segundo Köppen-Geiger, apresentando verões mais quentes e chuvosos e invernos amenos e relativamente secos

(Alvares et al., 2013). Essa variação sazonal influencia diretamente a dinâmica hidrológica e a disponibilidade de habitat nos ecossistemas de brejo.

A hidrografia local integra a bacia do rio Paraíba do Sul, sendo composta por pequenos cursos d'água, áreas alagadas e brejos. Entre os principais destacam-se o Brejo da Cachoeira do Putim e o Brejo da Estrada da Lagoa Nova, ambos situados no interior do Refúgio de Vida Silvestre do Bicudinho (RVS do Bicudinho) (Figura 4). Esses ambientes compartilham características ecológicas semelhantes, como presença de vegetação arbustiva e herbácea adaptada a saturação hídrica, constituindo habitats fundamentais para espécies aquáticas e semiaquáticas de alta relevância ecológica (Buzzetti *et al.*, 2013; Silveira *et al.*, 2009).

Figura 4- Reserva de Vida Silvestre do Bicudinho (RVS)



Fonte: A autora, 2025.

A fauna local é diversificada e inclui espécies representativas típicas da Mata Atlântica. Entre os vertebrados, destacam-se anfíbios anuros (como rãs, pererecas e sapos) que dependem diretamente de corpos d'água para reprodução (Silva & Almeida, 2010), répteis, especialmente lagartos e serpentes (Ribeiro & Metzger, 2006), além de uma rica avifauna composta por espécies endêmicas e ameaçadas, como o Bicudinho-do-brejo-paulista (*Formicivora Paludicola*) (Sick, 1997). Mamíferos de pequeno e médio porte, como marsupiais, roedores e pequenos carnívoros, também são frequentes na região (Costa & Leite, 2000).

A fauna de invertebrados é igualmente expressiva, especialmente os macroinvertebrados aquáticos (larvas de insetos como Chironomidae, Trichoptera, Ephemeroptera), amplamente reconhecidos como bioindicadores da qualidade da água e da integridade ecológica dos ambientes de ecossistemas lóticos e lênticos (Barbour *et al.*, 1999; Thorp & Covich, 2010).

Do ponto de vista ecológico, os brejos de Guararema representam ambientes prioritários para a conservação, pois funcionam como refúgios de biodiversidade e desempenham funções ecossistêmicas essenciais, como regulação hídrica, controle de erosão e manutenção de espécies ameaçadas (Mitsch; Gosselink, 2015; Primack; Rodrigues, 2001).

4.1.1. Brejo da Estrada da Lagoa Nova

O Brejo da Estrada da Lagoa Nova (P1) está situado em uma área de transição entre ambientes naturais e antrópicos, o que influencia diretamente sua dinâmica ecológica. À sua esquerda, a cerca de 10 m de distância, encontra-se uma plantação de eucaliptos (*Eucalyptus* sp.), espécie exótica amplamente cultivada no Brasil e conhecida por afetar a disponibilidade hídrica e a estrutura do solo devido à sua elevada taxa de evapotranspiração (Ferraz *et al.*, 2019). Além disso, a presença de uma estrada lateral e de algumas residências próximas pode gerar impactos adicionais, como o aumento da compactação do solo, introdução de poluentes difusos e perturbações na fauna local (Tucci, 2017).

O brejo se estende por uma faixa aproximada de 100 m, desde a mata ciliar até a margem oposta, formando um mosaico de vegetação herbácea e arbustiva adaptada a solos saturados. A vegetação ripária exerce papel essencial na filtragem das águas pluviais, controle da erosão e manutenção da qualidade hídrica, além de fornecer abrigo e alimento para diversas espécies de aves, anfíbios e pequenos mamíferos (Rodrigues & Gandolfi, 2007; Metzger, 2010).

A configuração espacial dessa área evidencia a importância das zonas de amortecimento na proteção dos brejos e dos ecossistemas associados, uma vez que a integridade da vegetação ciliar é determinante para a estabilidade ecológica e para a conservação de espécies endêmicas, como o *Formicivora paludicola* (Silveira *et al.*, 2009).

Para o Brejo 1 (Estrada da Lagoa Nova): profundidade média estimada de 30 a 40 cm; substrato predominante: lama; vegetação aquática: taboa (*Typha domingensis*), capim-d'água (*Paspalum densum*) e outros macrófitos. O fluxo de água foi classificado como moderado.

Figura 5- Brejo da Estrada da Lagoa Nova



Fonte: Google Earth, 2025.

Figura 6- Detalhe da paisagem do Brejo da Estrada da Lagoa Nova



Fonte: A autora, 2025.

4.1.2 Brejo da Cachoeira do Putim

O Brejo da Cachoeira do Putim (P2) está localizado nas proximidades da Cachoeira do Putim, apresentando características hidrológicas mais dinâmicas em comparação ao P1. Após a queda d'água, o fluxo se distribui sob uma ponte e se expande em uma ampla área alagada, formando um ambiente úmido sujeito a variações sazonais do nível da água, condição típica de brejos que favorece alta produtividade biológica (Maltchik, 2010).

A aproximadamente 35 m de suas margens observa-se a presença de mata ciliar bem desenvolvida, composta por espécies nativas típicas da Floresta Ombrófila Densa. Essa vegetação atua na estabilização das margens, na retenção de sedimentos e na manutenção da qualidade da água, funcionando como corredor ecológico para diversas espécies de fauna aquática e terrestre (Brancalion *et al.*, 2016).

A área alagada do P2 é de grande relevância ecológica, pois abriga comunidades de macroinvertebrados aquáticos e serve como habitat de reprodução para anfíbios e aves associadas a ambientes úmidos (Callisto *et al.*, 2012). A combinação entre a cachoeira e a planície alagável cria um gradiente ambiental que amplia a diversidade ecológica local e reforça a importância desse brejo como área prioritária para conservação dentro do Refúgio de Vida Silvestre do Bicudinho-do-Brejo-Paulista.

Para o Brejo 2 (Cachoeira Putim): profundidade média entre 40 cm e 1 m; substrato também lamacento com presença de cascalho; vegetação semelhante a verificada no Brejo 1; fluxo de água variando entre médio a alto, em função da proximidade da queda d'água.

Figura 7- Brejo da Cachoeira do Putim



Fonte: Google Earth, 2025.

Figura 8- Detalhe da paisagem de Brejo da Cachoeira do Putim



Fonte: A autora, 2025.

4.2. Protocolo de Avaliação Rápida – PAR

Com base nos pontos de amostragem definidos, foi elaborado e aplicado o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) fundamentado na metodologia proposta por Callisto *et al.* (2002), e adaptado as condições ecológicas locais. A aplicação do PAR considerou diferentes características ambientais, contemplando tanto os aspectos diretamente relacionados aos cursos d'água (como substrato, estabilidade de margens e cobertura vegetal) quanto as condições do entorno (uso e ocupação do solo, presença de mata ciliar e impactos antrópicos). As variáveis observadas foram organizadas em uma ficha de campo (Anexo 1), com pontuações atribuídas conforme o estado de conservação de cada

parâmetro.

A avaliação final foi obtida a partir da soma dos escores atribuídos a cada parâmetro, resultando em uma classificação da qualidade ambiental em três categorias distintas. Os ambientes classificados como naturais são aqueles que apresentam mínima interferência antrópica, conservando suas características ecológicas originais e mantendo elevada integridade estrutural e funcional. Já os ambientes Alterados correspondem a ecossistemas que sofreram modificações moderadas, mas que ainda preservam parte de suas funções ecológicas essenciais, como a filtragem da água, o abrigo à fauna e a regeneração da vegetação ciliar. Por fim, os ambientes impactados representam locais com alto grau de degradação ambiental, nos quais a interferência humana resultou em significativa perda das características naturais, comprometendo a qualidade ecológica e a capacidade de suporte do ecossistema.

A aplicação do protocolo foi realizada por meio de inspeção visual direta, complementada por registros fotográficos e anotações descritivas em campo, o que possibilitou uma análise comparativa entre os pontos amostrados e diferentes períodos de monitoramento.

Essa abordagem, amplamente reconhecida na literatura, tem demonstrado elevada eficiência em programas de monitoramento ambiental, especialmente em estudos de ecossistemas lóticos e áreas úmidas (Callisto & Moreno, 2006; Rodrigues *et al.*, 2008). Além de fornecer resultados rápidos e de baixo custo, o PAR permite subsidiar o diagnóstico ambiental participativo, integrando informações úteis para o manejo e conservação de áreas protegidas, como o Refúgio de Vida Silvestre do Bicudinho.

Essa classificação segue as diretrizes metodológicas propostas por Barbour *et al.* (1999) e adaptadas ao contexto brasileiro por Callisto *et al.* (2002), amplamente utilizadas em programas de monitoramento da integridade de ecossistemas aquáticos.

4.3. Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos

Complementarmente à aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas com o objetivo de caracterizar a qualidade da água nos brejos amostrados e subsidiar a avaliação integrada da qualidade ambiental dos ecossistemas. Esses parâmetros são amplamente reconhecidos como indicadores da integridade ecológica e da presença de impactos antrópicos sobre os corpos hídricos (CETESB, 2009; BRASIL, 2005).

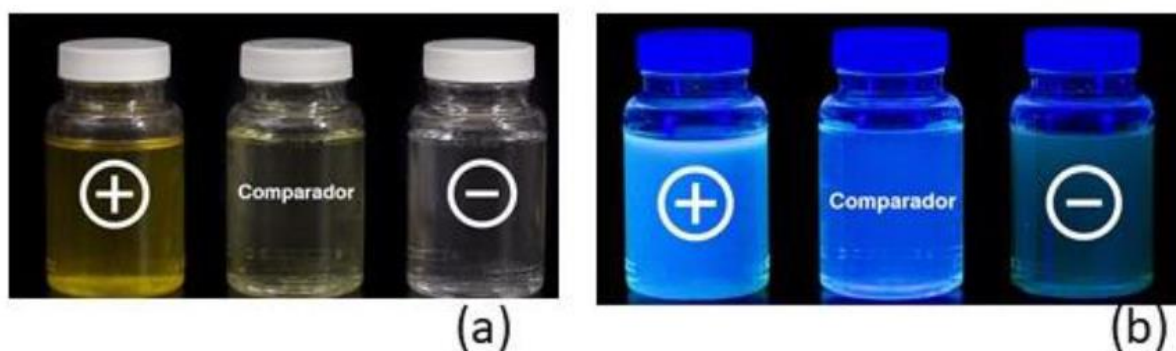
As medições em campo foram conduzidas com o auxílio de uma sonda multiparâmetros AKSO AK88, que permitiu a determinação direta de Oxigênio Dissolvido (mg/L), Temperatura da Água (°C), Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$) e Potencial Hidrogeniônico (pH). Esses parâmetros fornecem informações essenciais sobre a oxigenação, mineralização e equilíbrio ácido-base dos sistemas aquáticos, refletindo tanto as condições naturais quanto os efeitos de eventuais descargas orgânicas ou inorgânicas (Esteves, 2011; CETESB, 2009).

Em laboratório, foram avaliados Turbidez (NTU), Amônia ($\mu\text{gN}/\text{L}$), Nitrito ($\mu\text{gN}/\text{L}$) e Fósforo Total ($\mu\text{gP}/\text{L}$), empregando métodos de espectrofotometria no comprimento de onda do visível. A quantificação foi realizada com reagentes específicos para cada parâmetro e leitura em espectrofotômetro devidamente calibrado, utilizando curvas padrão com regressão linear ($R^2 > 0,90$), conforme protocolos recomendados pela APHA (2017). As metodologias analíticas e curvas de calibração encontram-se detalhadas no Anexo 2.

Para a análise microbiológica empregou-se o método do substrato cromogênico Colilert, amplamente utilizado em programas de monitoramento de qualidade de água (IDEXX, s.d.; APHA, 2017) O procedimento consistiu na inoculação de uma ampola contendo o reagente cromogênico em cada frasco de amostra, seguido de incubação em estufa por 24 horas a 44 °C. O método permite detectar simultaneamente a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* por meio de reações enzimáticas específicas: a coloração amarela intensa indica metabolização do substrato ONPG (presença de coliformes totais), enquanto a fluorescência sob luz ultravioleta confirma a metabolização do substrato MUG, indicando a presença de *E. coli* (IDEXX, s.d.)

Durante o transporte, as amostras foram acondicionadas em caixas térmicas de isopor contendo gelo, de forma a preservar sua integridade e evitar alterações físico-químicas e microbiológicas até a análise em laboratório, conforme recomendações da CETESB (2009).

Figura 9 – Orientação para análise dos resultados da Presença/Ausência de coliformes totais (a) e Presença/Ausência de *Escherichia coli* (b).



Fonte: Colilert – IDEXX Brasil. (s.d.).

4.4. Coleta e análise de macroinvertebrados bentônicos

4.4.1 Procedimentos de Coleta

A coleta de macroinvertebrados bentônicos foi realizada de acordo com os padrões técnicos estabelecidos pela CETESB (L5.309, 2003), com adaptações para o uso de substratos artificiais e armadilhas de colonização do tipo garrafa, método amplamente utilizado em estudos de monitoramento biológico (Rosenberg & Resh, 1993; Trivinho-Strixino, 2011).

Foram instaladas dez armadilhas em cada brejo, confeccionadas a partir do encaixe de duas garrafas plásticas de polietileno (PET) com orifícios laterais, permitindo livre passagem de água e sedimentos (Figura 10). O interior de oito garrafas foi preenchido com argila expandida e esferas de alumina (para proporcionar peso e superfície de colonização), e duas foram preenchidas com esponjas vegetais e o mesmo material de lastro.

Figura 10- Armadilha de colonização



Fonte: A autora, 2025.

Cada garrafa foi presa por um fio de nylon de aproximadamente seis metros, fixado em estacas de madeira nas margens dos brejos (Figura 11), em locais com diferentes profundidades e tipos de substrato (lama, cascalho fino, vegetação submersa), garantindo heterogeneidade ambiental e representatividade amostral. As armadilhas permaneceram submersas por um período de 70 dias, correspondendo ao intervalo de colonização necessário para a instalação da comunidade bentônica (Callisto *et al.*, 2004; Mugnai *et al.*, 2010).

Figura 11 - Estaca de Sinalização deixada nos pontos de permanência das armadilhas



Fonte: A autora, 2025.

As coletas foram realizadas em maio de 2025, período que se aproxima do término da estação chuvosa, o que permite considerar a influência da sazonalidade sobre as comunidades bentônicas e condições físico-químicas. Ao término do período de exposição, as armadilhas foram retiradas cuidadosamente, acondicionadas em sacos plásticos com água do próprio local e transportadas em caixas plásticas até o laboratório.

4.4.2 Triagem e Identificação

Em laboratório, as garrafas foram abertas individualmente e o material (sedimento, detritos e organismos) foi transferido para bandejas plásticas brancas. O conteúdo foi lavado em peneira de 0,075 mm de abertura e a separação dos organismos foi feita manualmente, com pinças finas e pipetas de Pasteur (Figura 12).

Figura 12- Abertura das armadilhas e triagem da amostra.



Fonte: A autora, 2025.

Os organismos encontrados foram armazenados em frascos de vidro contendo álcool etílico a 70% (Figura 13) e identificados até o nível taxonômico mais baixo possível, utilizando-se as seguintes chaves de identificação: McCafferty (1983), Trivinho-Strixino (2011) e Streble & Krauter (1985).

Figura 13- Separação e armazenamento dos indivíduos



Fonte: A autora, 2025.

Cada espécime foi classificado conforme seu grupo funcional e registrado em planilha, com informações de local de coleta, número de indivíduos e tipo de substrato associado.

4.4.3 Análise Quantitativa e Qualitativa

A análise dos macroinvertebrados bentônicos foi conduzida a partir de abordagens quantitativas e qualitativas, permitindo avaliar tanto a estrutura quanto a integridade ecológica das comunidades presentes nos ambientes estudados. Os parâmetros considerados incluíram riqueza de táxons (S), abundância total e relativa (% de indivíduos por táxon) e os índices ecológicos de diversidade e dominância, segundo as fórmulas clássicas de Shannon & Weaver (1963) e Simpson (1949).

O Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H') foi utilizado para mensurar a diversidade considerando simultaneamente a riqueza de espécies e a equitabilidade de abundância entre os táxons, sendo calculado conforme a expressão:

$$H' = -\sum (p_i)(\ln p_i)$$

onde:

- H' = índice de diversidade de Shannon-Wiener;
- S = número total de táxons;
- p_i = proporção de indivíduos do táxon i em relação ao total de indivíduos ($p_i = n_i / N$);
- n_i = número de indivíduos do táxon i ;
- N = número total de indivíduos da amostra.

Valores mais altos de H' indicam maior diversidade e estabilidade ecológica, enquanto valores baixos sugerem impacto ambiental e dominância de poucos grupos.

O Índice de Dominância de Simpson (D) mede o grau de predomínio de um ou poucos grupos na comunidade, sendo inversamente relacionado à diversidade.

$$D = \frac{1}{\sum (p_i)^2}$$

onde:

- D = índice de dominância de Simpson;
- p_i = proporção de indivíduos do táxon i .

O valor de D varia de 0 a 1, sendo que valores próximos de 1 indicam alta dominância (baixa diversidade) e valores próximos de 0 indicam alta diversidade.

O Índice de Riqueza de Margalef (d) estima a riqueza específica em função do número total de indivíduos amostrados, compensando diferenças de esforço amostral.

$$d = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

onde:

- d = índice de riqueza de Margalef;
- S = número total de táxons;
- N = número total de indivíduos.

Valores mais elevados de “d” indicam ambientes mais ricos e complexos biologicamente.

Adicionalmente, foi aplicada uma análise qualitativa de bioindicação, considerando a presença de grupos sensíveis e tolerantes à poluição, conforme classificação proposta por Mugnai *et al.* (2010) e Baptista *et al.* (2018).

Para inferir sobre a qualidade ambiental dos brejos, os resultados foram confrontados com parâmetros físico-químicos medidos concomitantemente (temperatura, pH, oxigênio dissolvido e turbidez), permitindo estabelecer relações entre diversidade bentônica e características limnológicas locais (Silva *et al.*, 2022).

4.4.4 Avaliação Ecológica

Com base na composição da comunidade bentônica, foi possível inferir a qualidade ambiental dos brejos estudados. Essa avaliação é essencial para a conservação dos brejos de Guararema, pois fornece informações sobre a integridade ecológica desses sistemas e subsidia o manejo do Refúgio de Vida Silvestre do Bicudinho, habitat prioritário para espécies endêmicas e ameaçadas.

A utilização de macroinvertebrados como bioindicadores é amplamente consolidada em estudos de ecossistemas aquáticos, uma vez que esses organismos respondem de forma sensível e integradora às alterações físico-químicas e estruturais do habitat (Rosenberg & Resh, 1993; Callisto *et al.*, 2014). Dessa forma, os resultados obtidos não

apenas refletem a condição ambiental atual dos ambientes analisados, mas também contribuem para o monitoramento contínuo e para o delineamento de ações de recuperação e proteção desses ecossistemas úmidos.

5.Resultados

5.1. Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida

Os quadros 1 e 2 apresentam os resultados obtidos pela aplicação do PAR para os Brejos 1 e 2, em dois momentos distintos: outubro de 2024 e maio de 2025 respectivamente.

Quadro 1 - Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida no Brejo 1 (P1) e Brejo 2 (P2) (07/10/2024)

CLASSIFICAÇÃO 07/10/2024			
IMPACTADA	ALTERADA		NATURAL
(DE 0 A 40 PONTOS)	(DE 41 A 60 PONTOS)		(DE 61 A 100 PONTOS)
PARÂMETROS	PONTUAÇÃO		
	4 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTOS
	P1		P2
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (Principal Atividade)	4		4
2. Erosão próxima e/ou nas margens do brejo e assoreamento em seu leito	2		4
3. Alterações antrópicas	0		2
4. Cobertura vegetal do leito	2		2
5. Odor da água	2		2
6. Oleosidade da água	4		2
7. Transparência da água	4		2
8. Odor do sedimento (fundo)	2		4
9. Oleosidade de fundo	2		2
10. Tipo de fundo	2		2

Quadro 1 - Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida nos pontos amostrais (continuação)

CLASSIFICAÇÃO 07/10/2024				
IMPACTADA		ALTERADA		NATURAL
(DE 0 A 40 PONTOS)		(DE 41 A 60 PONTOS)		(DE 61 A 100)
PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 PONTOS	3 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTOS
	P1		P2	
11. Tipo de fundo	3		3	
12. Nivel de vazão	5		3	
13. Presença de espécies vegetais específicas (Taboa, Capim, Carqueja e Piri)	5		5	
14. Tipos de substrato	0		0	
15. Deposição da lama	3		3	
16. Depósitos sedimentares	2		2	
17. Alterações no canal do rio	3		3	
18. Fluxo das águas	2		5	
19. Presença de mata ciliar	2		5	
20. Estabilidade das margens	0		5	
21. Extensão da mata ciliar	2		3	
22. Presença de plantas aquáticas	2		3	
23. Presença de plantas exóticas de associação negativa	2		3	
TOTAL	55		69	
CLASSIFICAÇÃO	ALTERADA		NATURAL	

Fonte: A autora, 2025.

Quadro 2 - Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida no Brejo 1 (P1) e Brejo 2 (P2) (19/05/2025)

CLASSIFICAÇÃO 19/05/2025			
IMPACTADA	ALTERADA		NATURAL
(DE 0 A 40 PONTOS)	(DE 41 A 60 PONTOS)		(DE 61 A 100 PONTOS)
PARÂMETROS	PONTUAÇÃO		
	4 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTOS
	P1		P2
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (Principal Atividade)	4		4
2. Erosão próxima e/ou nas margens do brejo e assoreamento em seu leito	2		2
3. Alterações antrópicas	0		2
4. Cobertura vegetal do leito	2		2
5. Odor da água	2		2
6. Oleosidade da água	4		2
7. Transparência da água	2		2
8. Odor do sedimento (fundo)	2		2
9. Oleosidade de fundo	4		4
10. Tipo de fundo	2		2

Tabela 2 - Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida no Brejo 1 (P1) e Brejo 2 (P2) (19/05/2025) - (continuação)

CLASSIFICAÇÃO 19/05/2025				
IMPACTADA		ALTERADA		NATURAL
(DE 0 A 40 PONTOS)		(DE 41 A 60 PONTOS)		(DE 61 A 100)
PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 PONTOS	3 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTOS
	P1		P2	
11. Tipo de fundo	3		2	
12. Nivel de vazão	5		3	
13. Presença de espécies vegetais específicas (Taboa, Capim, Carqueja e Piri)	5		5	
14. Tipos de substrato	0		0	
15. Deposição da lama	3		3	
16. Depósitos sedimentares	2		2	
17. Alterações no canal do rio	3		3	
18. Fluxo das águas	5		3	
19. Presença de mata ciliar	3		3	
20. Estabilidade das margens	2		2	
21. Extensão da mata ciliar	2		3	
22. Presença de plantas aquáticas	0		2	
23. Presença de plantas exóticas de associação negativa	5		3	
TOTAL	62		58	
CLASSIFICAÇÃO	NATURAL		ALTERADA	

Fonte: A autora, 2025.

Em ambas as campanhas de campo, foram analisados 23 parâmetros ambientais, contemplando aspectos relacionados à qualidade da água, estrutura do habitat, integridade das margens, uso e ocupação do entorno e presença de impactos antrópicos. Entre os principais parâmetros avaliados destacam-se:

- Estrutura do habitat: diversidade de substratos, cobertura vegetal aquática e presença de matéria orgânica;
- Integridade das margens: presença de erosão, compactação do solo e estado da vegetação ciliar;
- Uso e ocupação do entorno: grau de urbanização, presença de pastagens e descarte de resíduos;
- Presença de impactos antrópicos: ocorrência de lixo, assoreamento e lançamento de efluentes;
- Características da água: cor, odor, presença de óleo ou espuma, transparência e material em suspensão.

Essa abordagem metodológica proporcionou uma avaliação ampla e eficaz das condições ecológicas dos brejos, servindo como base para a identificação de possíveis fontes de degradação e para a interpretação integrada dos dados físico-químicos e biológicos. A análise dos 23 parâmetros foi determinante para caracterizar o grau de preservação ambiental dos ecossistemas e complementar os resultados obtidos com a caracterização da comunidade de macroinvertebrados bentônicos.

Embora ambos os brejos estejam inseridos em uma Unidade de Conservação, verificou-se que fatores externos continuam a exercer influência sobre suas condições ambientais. No Brejo da Estrada da Lagoa Nova (P1), a proximidade de uma estrada vicinal e de uma plantação de eucaliptos representa fontes potenciais de impacto, uma vez que podem alterar o escoamento superficial, modificar a disponibilidade hídrica e promover a compactação e a perda de nutrientes do solo, afetando a vegetação e a fauna associadas (Ferreira *et al.*, 2019; Baptista *et al.*, 2018).

Já no Brejo da Cachoeira do Putim (P2), o dinamismo hidrológico gerado pela presença da cachoeira e a interferência antrópica associada à ponte configuram fatores de pressão ambiental. A declividade e a presença de rochas influenciam diretamente a vazão e o volume d'água, especialmente em períodos chuvosos, enquanto o uso recreativo do local pode contribuir para o aumento da turbidez e da introdução de contaminantes orgânicos (Silva *et al.*, 2022).

A aplicação do PAR nos dois períodos de amostragem revelou uma inversão nas classificações ambientais dos dois brejos. No primeiro levantamento (outubro/2024), o P1 foi classificado como “Alterado” e o P2 como “Natural”, indicando melhores condições ecológicas no segundo. Já no segundo período (maio/2025), o cenário se inverteu, o P1 apresentou-se “Natural”, enquanto o P2 foi classificado como “Alterado”.

Essa variação sazonal pode estar associada a diferenças nas condições hidrológicas, como aumento das chuvas e consequente variação da lâmina d'água, bem como à influência de atividades humanas sazonais. Tais resultados reforçam a importância do monitoramento contínuo dos brejos de Guararema, especialmente por se tratarem de ambientes úmidos de elevada sensibilidade ecológica e de reconhecida relevância para a manutenção da biodiversidade regional.

5.2. Avaliação da qualidade da água

O Quadro 3 apresenta os resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos da água dos dois Brejos estudados, nos meses de outubro de 2024 e maio de 2025, respectivamente.

Quadro 3 - Parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água nos Brejos 1 (P1) e Brejo 2 (P2) (out./2024 e mai./2025)

PARÂMETROS	Outubro de 2024		Maio de 2025		CONAMA R.N.º357/2005
	P1	P2	P1	P2	
1. pH	8,13	8,61	9,78	9,87	6,0 a 9,0
2. OD (mg/l)	4,01	5,52	4,32	5,11	≥ 5,0
3. Condutividade (µS)	40	41	29	38	*
4. Turbidez (NTU)	2,71	4,12	3,02	5,61	100
5. Amônia (mg/L)	2,53	2,53	0,11	0,11	1
6. Nitrito (mg/L)	0,16	0,16	0,14	0,14	1
7. Fosfato (mg/L)	0,91	2,91	0,12	0,12	0,05
8. Coliformes totais	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente
9. Coliformes fecais	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente

Fonte: A autora, 2025.

Potencial hidrogeniônico (pH)

Na análise de pH, observou-se em outubro de 2024, valores aproximadamente 1,6 vezes maiores no ponto 2 (P2) em relação ao ponto 1 (P1). Já em maio de 2025, os valores apresentaram-se comparativamente equivalentes entre os dois ambientes.

No que se refere aos valores obtidos quando comparados aos estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/2005, verificou-se que, em outubro/2024, ambos os valores estavam dentro dos padrões legais, indicando alta alcalinidade. No entanto em maio/2025, tanto o P1 quanto P2 apresentaram valores superiores aos limites estabelecidos, sugerindo alteração química possivelmente associada a concentração de ions ou a diminuição da renovação da água durante o período seco.

Oxigênio Dissolvido (OD)

Os níveis de oxigênio dissolvido (OD) apresentaram variações discretas entre os pontos e períodos de amostragem. Em outubro/2024, o P2 apresentou valor 1,1 vezes maior que o P1, enquanto em maio/2025 a diferença foi de 1,2 vezes.

Ao comparar com os valores de referência do CONAMA (2005), observou-se que P1 apresentou valores inferiores ao mínimo exigido em ambos os períodos, indicando condições com menor disponibilidade de oxigênio. Essa situação pode estar relacionada à presença de matéria orgânica e baixa renovação hídrica, fatores típicos de áreas alagadas com maior deposição de sedimentos finos.

Condutividade

Os valores de condutividade elétrica permaneceram relativamente estáveis em outubro/2024, sem variações significativas entre os dois brejos. Entretanto, em maio/2025, o P2 apresentou valor 1,31 vezes superior ao P1, refletindo um possível aumento na concentração de íons dissolvidos.

Embora valores máximos e mínimos para condutividade não sejam estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, trata-se de um indicador importante da presença de sais e compostos iônicos na água (CETESB, 2023). A elevação dos valores pode estar associada à entrada de nutrientes (como amônia e fosfato) ou à evaporação concentrada durante o período seco.

Turbidez

A turbidez apresentou valores consistentemente mais altos no P2 em ambos os períodos de coleta, sendo 1,52 vezes maior em outubro/2024 e 1,87 vezes maior em maio/2025.

Apesar dessa variação, todos os resultados permaneceram dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente. Os valores mais elevados no P2 podem estar relacionados à maior movimentação hídrica decorrente da cachoeira, que tende a ressuspender partículas e sedimentos no ambiente.

Amônia

Em outubro/2024, as concentrações de amônia foram de 2,5 mg/L em ambos os pontos, valores superiores ao limite estabelecido pela CONAMA 357/05 (2,5 vezes acima do permitido). Em contrapartida, em maio/2025, observou-se uma redução expressiva para 0,1021 mg/L em ambos os brejos, ficando dentro dos padrões legais.

A variação observada pode estar associada a mudanças sazonais, com maior acúmulo de matéria orgânica e menor diluição durante o período de seca e subsequente diluição durante o período úmido.

Nitrito

Os resultados de nitrito indicam baixa variação entre os pontos e períodos de amostragem. Em outubro/2024, as concentrações foram de 0,133 mg/L (P1) e 0,120 mg/L (P2); já em maio/2025, registraram-se 0,1456 mg/L (P1) e 0,1458 mg/L (P2). Em ambos os casos, os valores permanecem dentro dos limites permitidos pela legislação, indicando baixo nível de contaminação nitrogenada. Essa estabilidade sugere equilíbrio entre processos de nitrificação e desnitrificação, típicos de ambientes alagados com vegetação densa.

Fósforo Total

Em outubro/2024, a concentração de fósforo total foi de 0,9 mg/L no P1 e 2,9 mg/L no P2, correspondendo a 3,22 vezes mais elevada no segundo ponto. Já em maio/2025, as concentrações aumentaram consideravelmente em ambos os locais, atingindo valores 7,2 vezes (P1) e 16 vezes (P2) superiores aos do primeiro período.

Esses resultados estão muito acima dos limites estabelecidos pela CONAMA 357/05, indicando potencial enriquecimento por nutrientes (eutrofização). O aumento acentuado pode estar relacionado ao escoamento superficial de áreas adjacentes e à decomposição de matéria orgânica.

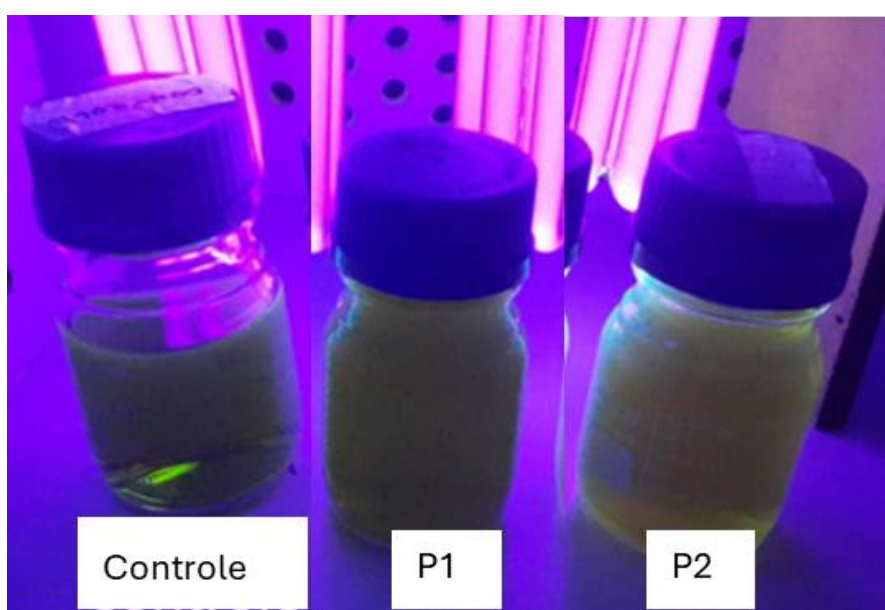
Coliformes Totais e Fecais

A análise microbiológica, realizada pelo método Colilert, mostrou-se eficaz para a detecção de coliformes totais e *Escherichia coli* nas amostras de água coletadas. Nas amostras de outubro/2024 (Figura 14), observou-se fluorescência característica sob luz ultravioleta nos frascos correspondentes aos Pontos 1 e 2, confirmando presença de *E. coli*. O Ponto 2 apresentou fluorescência mais intensa, indicando maior contaminação fecal.

Em maio/2025 (Figura 15), o teste revelou presença reduzida de coliformes, embora ainda detectável, sugerindo melhoria nas condições sanitárias do ambiente. O frasco controle manteve-se sem fluorescência, validando a precisão do método.

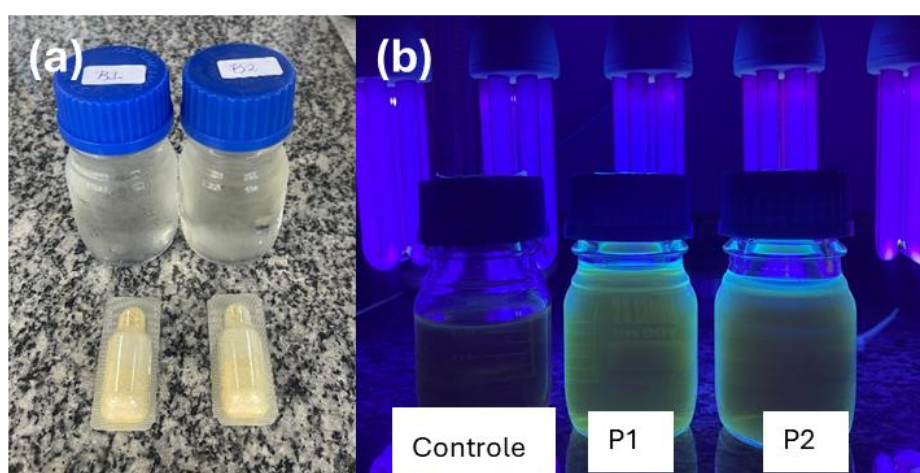
Esses resultados reforçam a necessidade de monitoramento contínuo da qualidade microbiológica da água, especialmente considerando o uso potencial da região para lazer e a importância dos brejos como habitat para espécies sensíveis.

Figura 14 – Ensaio do método Colilert (Out/24)



Fonte: A autora, 2025

Figura 15 - Ensaio do método Colilert (Mai/25)



Fonte: A autora, 2025.

5.3 Macroinvertebrados bentônicos

Foram coletados um total de 67 indivíduos de macroinvertebrados bentônicos, pertencentes a 11 táxons distintos. Os grupos mais abundantes foram Chironomidae (29 indivíduos, 43.3%) e Oligochaeta (15 indivíduos, 22.4%), seguidos por Typhloplanidae e Obama nungara, ambos com 5 indivíduos (cerca de 7.5% cada). Esses resultados indicam uma comunidade dominada por organismos tolerantes a variações ambientais, típicos de ambientes com acúmulo de matéria orgânica e baixa oxigenação.

Grupos como Ceratopogonidae, Copepoda, Cladocera, Daphnia, Thaumaleidae, Diamesinae e Planaria foram encontrados em baixa abundância (1 a 3 indivíduos).

Quadro 4 – Composição e abundância relativa dos macroinvertebrados bentônicos coletados nos brejos de Guararema (SP).

Táxon	Número de indivíduos	Abundância relativa (%)
Chironomidae	29	43.3
Oligochaeta	15	22.4
Typhloplanidae	5	7.5
Obama nungara	5	7.5
Ceratopogonidae	3	4.5
Copepoda	2	3.0
Daphnia	2	3.0
Cladocera	2	3.0
Planaria	2	3.0
Diamesinae	1	1.5
Thaumalidae	1	1.5

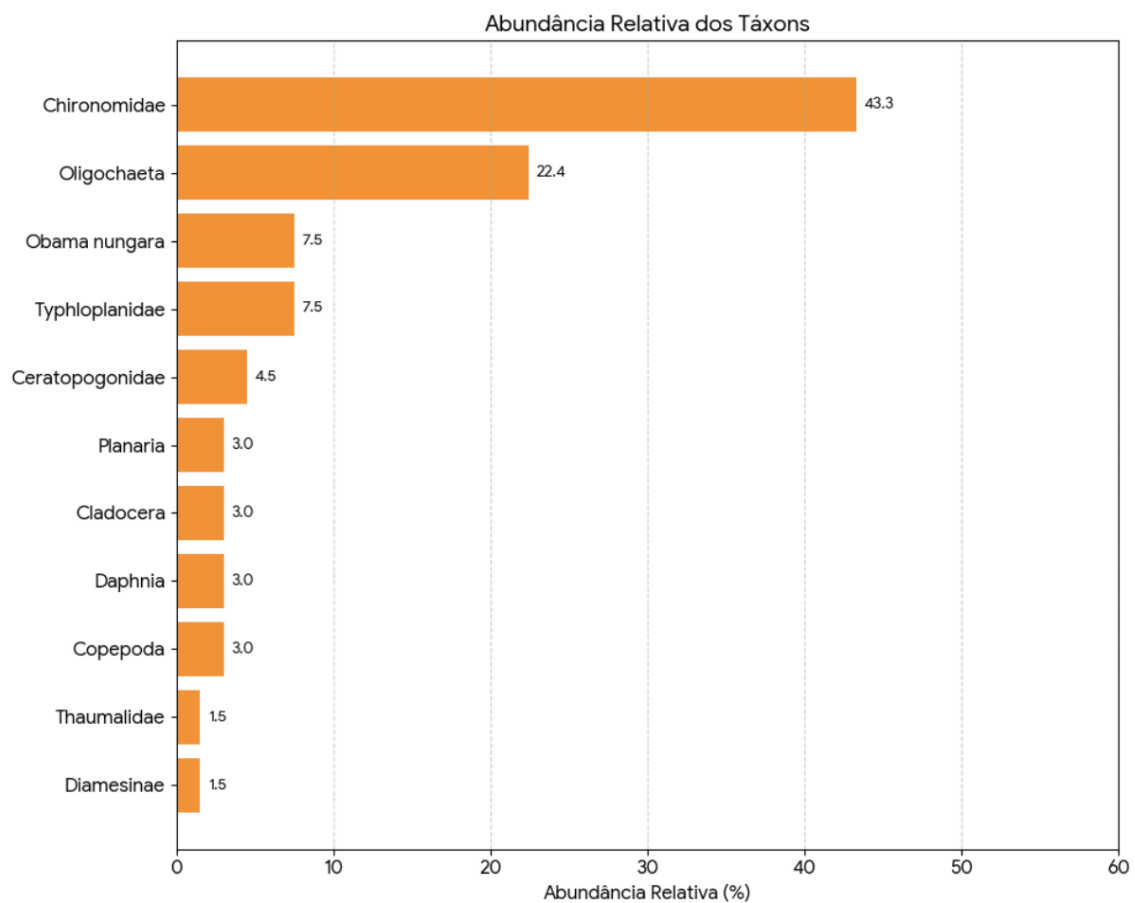
Fonte: A autora, 2025.

5.3.1. Diversidade e Estrutura da Comunidade

O índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') calculado foi de 1,82, indicando diversidade moderada na comunidade bentônica. O índice de dominância de Simpson (D) foi de 0,28, refletindo o predomínio de Chironomidae e Oligochaeta sobre os demais grupos. A riqueza taxonômica (S) foi igual a 9, demonstrando uma comunidade relativamente simples, mas funcionalmente diversificada.

A análise de similaridade de Sørensen ($IS = 0,67$) revelou composição parcialmente sobreposta entre os brejos, com táxons comuns (Chironomidae, Oligochaeta, Typhloplanidae) e ocorrência restrita de outros grupos nos microhabitats específicos de cada local.

Gráfico 1 – Abundância relativa dos macroinvertebrados bentônicos coletados nos brejos de Guararema (SP), 2025.



Fonte: A autora, 2025.

Figura 16- Diversidade de macroinvertebrados bentônicos coletados durante o estudo



- | | |
|-----------------|-----------------|
| 1- Chironomidae | 5- Chironomidae |
| 2- Chironomidae | 6- Planaria |
| 3- Chironomidae | 7- Planária |
| 4- Chironomidae | 8- Chironomidae |

Fonte: A autora, 2025.

5.3.2 Avaliação da Qualidade Ambiental

A partir da composição da comunidade bentônica, bem como a obtenção dos parâmetros de qualidade da água nos ambientes estudados, foi possível inferir sobre a qualidade ambiental dos brejos estudados. Espécies sensíveis à poluição indicaram águas de boa qualidade, enquanto a presença de espécies tolerantes pode sugerir degradação ambiental. Além disso, os resultados da diversidade das larvas com parâmetros físicos e químicos da água, como pH, temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez, monitorados simultaneamente durante o estudo foram essenciais para o resultado ser definido.

6. Discussão

A integração dos resultados obtidos a partir do PAR com os resultados físico-químicos, microbiológicos e biológicos obtidos neste estudo permitiu uma avaliação abrangente da qualidade ambiental dos brejos de Guararema, evidenciando a influência de fatores naturais e antrópicos sobre a estrutura e funcionamento desses ecossistemas úmidos.

6.1. Qualidade da água e influência sazonal

Os parâmetros físico-químicos analisados refletem variações sazonais típicas de ambientes palustres. A elevação nos valores de pH e condutividade elétrica durante o período seco (maio/2025) sugere maior concentração de íons e sais dissolvidos, possivelmente decorrente da redução do volume de água e evaporação concentrada, fenômeno comum em sistemas lênticos rasos (Esteves, 2011).

Os valores de oxigênio dissolvido (OD) abaixo do recomendado pela Resolução CONAMA 357/2005 em alguns pontos indicam condições de baixa oxigenação, possivelmente relacionadas ao acúmulo de matéria orgânica e à alta taxa de decomposição na zona de interface entre água e substrato. Essa característica é compatível com a dominância de organismos tolerantes, como Chironomidae e Oligochaeta, observada na comunidade bentônica (Mugnai *et al.*, 2010).

A variação dos nutrientes, especialmente amônia e fósforo total, reforça a dinâmica cíclica de carga orgânica e disponibilidade de nutrientes nos brejos. As altas concentrações em outubro/2024, seguidas de redução significativa em maio/2025, indicam que a decomposição da biomassa vegetal e a menor diluição da água no início do período chuvoso favorecem a liberação de compostos nitrogenados e fosfatados, posteriormente diluídos ou assimilados pela vegetação aquática durante a retomada do fluxo hídrico (Bianchini Jr. & Cunha-Santino, 2008).

A turbidez e a condutividade mais elevadas no Ponto 2 (P2) refletem a maior movimentação hídrica e ressuspensão de sedimentos associadas à cachoeira local, influenciando o transporte de partículas finas e nutrientes. Essa dinâmica contribui para a

heterogeneidade ambiental, fator essencial para a manutenção da diversidade biológica (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008).

Os resultados microbiológicos demonstraram presença de coliformes totais e termotolerantes, especialmente *E. coli*, indicando contaminação fecal pontual. Apesar de moderada, essa contaminação pode estar associada ao escoamento superficial de áreas de pastagem e uso recreativo próximo à ponte a jusante da cachoeira. A melhora observada em maio/2025 sugere redução no aporte de contaminantes, possivelmente devido à diluição hídrica e menor uso antrópico sazonal.

6.2. Estrutura da comunidade bentônica

A composição e diversidade dos macroinvertebrados bentônicos observadas refletem condições de equilíbrio ecológico moderado, característico de brejos com influência natural de matéria orgânica. A predominância de Chironomidae e Oligochaeta é compatível com ambientes ricos em detritos e baixa oxigenação, sem necessariamente indicar poluição antrópica (Rosenberg & Resh, 1993; Mugnai *et al.*, 2010).

A diversidade intermediária ($H' = 1,82$) aponta para um sistema ecologicamente funcional, com coexistência de espécies tolerantes e sensíveis, sustentada pela heterogeneidade de microhabitats — raízes, folhiço submerso, vegetação aquática e sedimento fino — que promovem diferenciação espacial e complexidade trófica (Silva *et al.*, 2022).

A presença, ainda que reduzida, de grupos mais sensíveis como Trichoptera e Ephemeroptera, indica gradientes de oxigenação e boas condições locais, sugerindo que os impactos antrópicos observados não comprometem a integridade ecológica do sistema. Esses organismos funcionam como bioindicadores positivos, reforçando o diagnóstico obtido pelo Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), que classificou alternadamente os brejos como Natural e Alterado conforme as condições sazonais.

6.3. Conectividade ecológica e importância trófica

Os resultados obtidos demonstram que a comunidade bentônica exerce papel essencial na manutenção da base trófica dos brejos, sustentando cadeias alimentares aquáticas e terrestres. Em particular, a presença equilibrada de macroinvertebrados fornece recursos alimentares para a avifauna palustre, incluindo o Bicudinho-do-Brejo-Paulista (*Formicivora paludicola*), espécie endêmica e ameaçada que depende de presas como larvas de insetos aquáticos e pequenos artrópodes associados à vegetação marginal (Bencke *et al.*, 2019).

Assim, a manutenção da diversidade bentônica não apenas reflete a integridade ecológica dos brejos, mas também é fundamental para a conservação das espécies de maior nível trófico, reforçando a importância desses ambientes como núcleos de biodiversidade e conectividade funcional dentro da paisagem da APA Várzea do Rio Paraíba do Sul.

6.4. Implicações ecológicas e manejo

De modo geral, os brejos de Guararema apresentam bom estado ecológico, com baixo impacto antrópico direto e alta resiliência ambiental. Entretanto, fatores externos — como proximidade de estradas, silvicultura de eucalipto e uso recreativo — podem gerar pressões cumulativas, alterando gradualmente a qualidade da água e a estrutura da biota.

A manutenção da mata ciliar, o controle do escoamento superficial e o monitoramento contínuo dos parâmetros físico-químicos e biológicos são medidas prioritárias para evitar processos de eutrofização e degradação. Além disso, recomenda-se a implementação de zonas-tampão vegetadas e monitoramento bentônico periódico, permitindo identificar precocemente alterações na integridade ecológica.

Esses resultados reforçam que os brejos estudados funcionam como ecossistemas de transição altamente sensíveis, cujo equilíbrio depende da interação entre fatores hidrológicos, biogeoquímicos e biológicos. A conservação desses sistemas é, portanto, essencial não apenas para a manutenção da biodiversidade aquática, mas também para o suporte ecológico de espécies ameaçadas e para o funcionamento hidrológico da paisagem.

7. Conclusão

O presente estudo permitiu uma avaliação integrada da qualidade ambiental dos brejos localizados no município de Guararema (SP), combinando o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água, e a análise da comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Os resultados indicaram que os ambientes avaliados apresentam, majoritariamente, boa integridade ecológica, ainda que sujeitos a flutuações sazonais e a influências antrópicas pontuais.

A alternância na classificação dos brejos entre os períodos analisados evidencia a elevada sensibilidade desses ecossistemas úmidos a fatores hidrológicos e pluviométricos, característica típica de sistemas palustres. As variáveis físico-químicas demonstraram variações compatíveis com ambientes lênticos rasos, enquanto a presença de coliformes e de organismos bentônicos tolerantes, embora não configure degradação severa, sugere aportes orgânicos esporádicos. A composição bentônica, dominada por grupos indicativos de condições medianas, corrobora essa avaliação.

Dessa forma, os resultados reforçam a importância ecológica dos brejos como ecossistemas de transição e como áreas essenciais para a manutenção da biodiversidade local, especialmente no contexto de conservação do Bicudinho-do-Brejo-Paulista (*Formicivora paludicola*). Evidenciam, ainda, a necessidade de monitoramento contínuo e de ações de manejo voltadas à proteção da vegetação ciliar, controle de impactos difusos e manutenção dos processos ecológicos que sustentam a integridade desses ambientes.

8. Referências

- ALVARES, C. A. et al. **Köppen's climate classification map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23. ed. Washington, D.C.: APHA, 2017.
- ARAÚJO, F. S.; FERRAZ, E. M. N.; TABARELLI, M. **Brejos de altitude em Pernambuco: história natural, ecologia e conservação**. Brasília: MMA, 2005.
- BAGGIO, H.; ARAÚJO, A. D.; FREITAS, M. O. **Análise dos parâmetros físico-químicos oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico e temperatura, no baixo curso do rio das Velhas-MG**. *Caminhos de Geografia*, v. 17, n. 60, p. 105-117, 2016.
- BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; DIAS, L. G. **Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos continentais**. Rio de Janeiro: UFRJ Press, 2018.
- BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; EGGERMONT, H. **Bioindicators and biomonitoring of aquatic ecosystems**. In: SCHÄFER, R. B. et al. (Eds.). **Ecological Indicators for Water Quality Assessment**. 2. ed. New York: Elsevier, 2018. p. 47–86.
- BARBOUR, M. T. **Concepts and applications of biological integrity and biological assessment**. *Environmental Biology*, v. 10, p. 3-12, 1991.
- BARBOUR, M. T. et al. **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish**. 2. ed. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, 1999. 339 p.
- BENCKE, G. A. et al. **Áreas importantes para a conservação das aves no Brasil: parte I – estados do domínio da Mata Atlântica**. São Paulo: SAVE Brasil, 2006.
- BENCKE, G. A. et al. **Aves ameaçadas de extinção no Brasil**. Brasília: MMA/ICMBio, 2019.
- BENCKE, G. A.; DIAS, R. A.; BUGONI, L.; MAURÍCIO, G. N. **Aves ameaçadas, quase ameaçadas e deficientemente conhecidas no Rio Grande do Sul**. *Revista Brasileira de Ornitologia*, v. 27, n. 1, p. 1–22, 2019.
- BRANCALION, P. H. S. et al. **Restaurar a natureza é restaurar o futuro**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento**. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 18 mar. 2005.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 25 maio 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. **Estabelece procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano.** *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 5 maio 2021.

BRASIL. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. **Estabelece procedimentos de vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 7 maio 2021.

BUZZETTI, D. R. C.; SILVEIRA, L. F.; BENCKE, G. A. **Redescoberta, distribuição e conservação do Bicudinho-do-Brejo-Paulista (*Formicivora paludicola*).** *Revista Brasileira de Ornitologia*, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 29–36, 2013.

CALLISTO, M. et al. **Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividade de ensino e pesquisa (MG-RJ).** *Acta Limnologica Brasiliensia*, 2002.

CALLISTO, M. et al. **Macroinvertebrados bentônicos como ferramentas na avaliação da integridade biótica de riachos em unidades de conservação da Serra do Cipó (MG).** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 7, n. 1, p. 71-82, 2002.

CALLISTO, M.; ESTEVES, F. A. **Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliação da qualidade da água de ecossistemas aquáticos.** *Acta Limnologica Brasiliensia*, Belo Horizonte, v. 7, p. 91–101, 1995.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; MORENO, P. R. H. **Protocolo de avaliação rápida de habitats para bacias hidrográficas de rios de pequeno e médio porte.** *Acta Limnologica Brasiliensia*, Belo Horizonte, v. 14, n. 1, p. 91–98, 2002.

CALLISTO, M. et al. **Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água.** *Oecologia Australis*, v. 16, n. 4, p. 881–895, 2012.

CALLISTO, M.; GOULART, M.; MORENO, P. **Biomonitoramento com macroinvertebrados bentônicos em ecossistemas aquáticos.** *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 16, n. 3, p. 169–180, 2004.

CALLISTO, M.; GONÇALVES, J. F.; MORENO, P. **Macroinvertebrados bentônicos: biomonitoramento e ecologia de riachos tropicais.** Belo Horizonte: UFMG, 2014.

CALLISTO, M.; FERNANDES, A.; BARBOSA, F. A. R. **Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a qualidade das águas de rios e córregos.** In: *Biodiversidade de Minas Gerais: um atlas para sua conservação*. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2002. p. 68–72.

CARDOSO, G. S. et al. **Dinâmica sazonal da assembleia de aves da mata de brejo do jardim botânico municipal de Bauru, São Paulo.** *Revista do Instituto Florestal*, v. 34, n. 1, p. 91–102, 2022.

CARDOSO, L. R.; OLIVEIRA, F. M.; MARTINS, P. R. **Função ecológica dos brejos e sua importância para a conservação da biodiversidade.** *Revista Brasileira de Ecologia*, v. 6, n. 1, p. 33–48, 2022.

CETESB. Norma técnica L5.309/2003: Determinação de bentos de água doce – macroinvertebrados: métodos qualitativo e quantitativo. São Paulo: CETESB, 2003.

CETESB. *Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo – Apêndice A: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas de amostragem.* 1. ed. São Paulo: CETESB, 2009.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Norma Técnica L5.309 – Coleta e análise de macroinvertebrados bentônicos.* São Paulo: CETESB, 2003. 22 p.

COSTA, L. P.; LEITE, Y. L. R. Mammals of the Atlantic Forest: a review of the current knowledge and conservation status. In: *Mammals of the Atlantic Forest.* São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo, 2000. p. 45-67.

COSTA, L. P.; LEITE, Y. L. R. Mammalian diversity and endemism in the Atlantic Forest of Brazil. *Biological Conservation*, London, v. 93, p. 231–242, 2000.

DE OLIVEIRA, B. Guararema, SP: **passeios incríveis entre a cidade e a natureza. Tô de Passagem**, 2023. Disponível em: <https://todepassagem.clickbus.com.br/dicas-de-viagem/guararema-sp/>. Acesso em: 3 jun. 2025.

DE OLIVEIRA, R. M. **Dinâmica da regeneração natural em fragmentos de Floresta Ombrófila Densa na região do Vale do Paraíba (SP).** 2023. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal) — Universidade de Taubaté, Taubaté, 2023.

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** São Paulo: CETESB, 1992.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia.** 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FERRAZ, S. F. B. et al. **Effects of Eucalyptus plantations on streamflow in Brazil.** *Forest Ecology and Management*, v. 433, p. 110–121, 2019.

FIGUEIREDO, A. O. et al. **Avaliação da comunidade de macroinvertebrados bentônicos da região litorânea de uma cava de areia em Jacareí – SP.** Jacareí: Universidade do Vale do Paraíba, 2006.

IDEXX LABORATORIES. Colilert® Test – Water Testing for Coliforms and *E. coli*. São Paulo: IDEXX Brasil, [s.d.].

IUCN – INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-1. Cambridge: IUCN, 2018. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>.

MALTCHIK, L. *Ecologia de áreas úmidas do Brasil.* São Leopoldo: UNISINOS, 2010.

MALTCHIK, L.; CALLISTO, M. *Conservação e manejo de áreas úmidas do Brasil.* *Ciência e Ambiente*, Santa Maria, v. 28, p. 107–122, 2004.

MALTCHIK, L.; SCHNEIDER, C. H. *Wetlands of Southern Brazil: inventory, assessment and management.* *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, Hobart, v. 9, p. 23–30, 2004.

- MALTCHIK, L.; SCHNEIDER, M. **Áreas úmidas e conservação da biodiversidade no Brasil.** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 5–14, 2004.
- MCCAFFERTY, W. P. ***Aquatic entomology: the fishermen's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives.*** Boston: Jones and Bartlett, 1983. 448 p.
- METZGER, J. P. **O papel das matas ciliares na conservação da biodiversidade.** *Revista Brasileira de Biologia*, v. 70, n. 3, p. 531–538, 2010.
- MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W. **An introduction to the aquatic insects of North America.** 3. ed. Dubuque: Kendall/Hunt, 1996.
- MITSCH, W. J.; GOSSELINK, J. G. **Wetlands.** 5. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2015.
- MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro.** 2. ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010. 176 p.
- MYERS, N. et al. **Biodiversity hotspots for conservation priorities.** *Nature*, London, v. 403, p. 853–858, 2000.
- PLAFKIN, J. L. et al. **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Rivers: Benthic Macroinvertebrates and Fish.** Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, 1989.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARAREMA. **Turismo.** Disponível em: <https://www.guararema.sp.gov.br/turismo>.
- REISFELD, A.; BARBOSA, K. V.; COSTA, T. V. V. **Bicudinho-do-brejo-paulista, o ilustre e discreto morador da Região Metropolitana de São Paulo.** *O Eco*, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://oeco.org.br/analises/bicudinho-do-brejo-paulista-o-ilustre-e-discreto-morador-da-regiao-metropolitana-de-sao-paulo/>.
- REISFELD, L.; BUZZETTI, D. R. C.; SILVEIRA, L. F. **Ecologia e conservação do Bicudinho-do-Brejo-Paulista (*Formicivora paludicola*).** *Revista Brasileira de Ornitologia*, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 45–53, 2020.
- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P. **Biodiversity in the Atlantic Forest: a review of the current knowledge and future perspectives.** *Biodiversity and Conservation*, v. 15, p. 1-20, 2006.
- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P. **Fragmentation in the Atlantic Forest: dynamic process and implications for conservation.** *Biotropica*, Lawrence, v. 38, p. 687–693, 2006.
- RIBEIRO, M. C. et al. **The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed?** *Biological Conservation*, London, v. 142, p. 1141–1153, 2009.
- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P. **Estrutura e dinâmica da paisagem e suas implicações para a conservação de remanescentes florestais da Mata Atlântica.** *Biota Neotropica*, v. 6, n. 2, p. 1–14, 2006.

- ROCHA, H. M. et al. **Avaliação físico-química e microbiológica das águas da bacia hidrográfica do rio Paraíso Jataí-GO.** *Geosul*, v. 34, n. 72, p. 51-74, 2019.
- RODRIGUES, A. S. L.; MELO, A. S.; CALLISTO, M. **Monitoramento participativo da qualidade ambiental de rios com base em macroinvertebrados bentônicos.** *Ciência & Educação Ambiental*, São Carlos, v. 5, n. 2, p. 77–89, 2008.
- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. **Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares.** São Paulo: Edusp, 2007.
- ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.** New York: Chapman & Hall, 1993. 488 p.
- SANSEVERINO, A. et al. **Larvas de Chironomidae (Diptera) em depósitos de folhiço submerso em um riacho de primeira ordem da Mata Atlântica (Rio de Janeiro, Brasil).** *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 52, n. 1, p. 95-100, 2008.
- SICK, H. **Ornitologia Brasileira.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 912 p.
- SILVA, J. S.; ALMEIDA, A. P. **Anfíbios e répteis da Mata Atlântica: diversidade e conservação.** In: **Biodiversidade da Mata Atlântica.** São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo, 2010. p. 123-145.
- SILVA, F. R.; ALMEIDA, R. M. **Diversidade de anfíbios anuros em fragmentos de Mata Atlântica no Vale do Paraíba.** *Revista Biociências*, Taubaté, v. 16, p. 57–65, 2010.
- SILVA, A. B. et al. **Composição e estrutura de macroinvertebrados bentônicos em brejos do Sudeste brasileiro.** *Oecologia Australis*, v. 26, n. 2, p. 290–305, 2022.
- SILVA, J. R.; RODRIGUES, F. H. G.; CARVALHO, F. G. **Dinâmica da fauna bentônica em ecossistemas lênticos da Mata Atlântica.** *Revista de Biologia Neotropical*, v. 19, n. 2, p. 45–60, 2022.
- SILVEIRA, L. F.; BUZZETTI, D. R. C.; BENCKE, G. A. **Biologia e conservação do Bicudinho-do-Brejo-Paulista (*Formicivora paludicola*).** *Atualidades Ornitológicas*, São Paulo, n. 147, p. 8–15, 2009.
- SILVEIRA, L. F. et al. **Discovery of a new form of *Formicivora* (Thamnophilidae) from São Paulo, Brazil.** *Revista Brasileira de Ornitologia*, v. 17, n. 3, p. 237–246, 2009.
- SIMPSON, E. H. **Measurement of diversity.** *Nature*, v. 163, p. 688, 1949.
- SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication.** Urbana: University of Illinois Press, 1963.
- THORP, J. H.; COVICH, A. P. **Ecology and classification of North American freshwater invertebrates.** 4. ed. San Diego: Academic Press, 2010. 1021 p.

TRIVINHO-STRIXINO, S. **Larvas de insetos aquáticos do Estado de São Paulo: guia de identificação e biologia**. São Carlos: PPG-ERN/UFSCAR, 2011.

TRIVINHO-STRIXINO, S. **Larvas de Chironomidae: guia de identificação e diagnose dos gêneros da região neotropical**. São Carlos: UFSCar, 2011. 371 p.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da água no Brasil: desafios e oportunidades**. Porto Alegre: ABRH, 2017.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Technical Support Manual: Waterbody Surveys and Assessments for Conducting Use Attainability Analyses**. Washington, D.C.: EPA, 1985.

U.S. EPA – United States Environmental Protection Agency. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: benthic macroinvertebrates and fish**. Washington, D.C., 1985.

ANEXOS

Anexo 1- Tabela - Protocolo de avaliação Rápida

DESCRIÇÃO DO AMBIENTE				
PONTO 1		PONTO 2		
Data da Coleta:		Data da Coleta		
Hora da Coleta:		Hora da Coleta:		
Tempo (situação do dia):		Tempo (situação do dia):		
Modo de coleta (coletor):		Modo de coleta (coletor):		
Tipo de ambiente:		Tipo de ambiente:		
Profundidade média:		Profundidade média:		
Temperatura da água:		Temperatura da água:		
PARÂMETROS	Pontuação			
	4 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTOS	
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/Agricultura/ Monocultura/ Reflorestamento	Residencial/ Comercial/ Industrial	
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acentuada	
3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)	Alterações de origem industrial/ urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retificação do curso do rio)	
4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente	
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial	
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante	
7. Transparência da água	Transparente	Turva/cor de chá-forte	Opaca ou colorida	
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial	
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderada	Abundante	
10. Tipo de fundo	Pedras/cascalho	Lama/areia	Cimento/canalizado	
PARÂMETROS	Pontuação			
	5 pontos	3 pontos	2 pontos	0 pontos
11. Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis.	30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados; disponibilidade de habitats insuficiente; substratos frequentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvios; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
12. Nivel de correnteza	Alta vazão e corredeiras bem desenvolvidas.	Baixo nível de vazão e quase nenhuma correnteza	Trechos de correnteza podem estar ausentes;	Vazão ou corredeiras inexistentes.
13. Presença de espécies vegetais específicas (Ex: Capim, Piri, Carqueja, Taboa etc.)	Grande presença de espécies vegetais específicas ao longo de todo espaço.	Presença de espécies específicas em algumas áreas do brejo.	Pouca presença de espécies específicas ao longo do brejo.	Não havia nenhuma espécie específica no brejo.

Tabela - Protocolo de avaliação Rápida (continuação)

14. Tipos de Substrato	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes).	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes.	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.
15. Deposição de Lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama.	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
16. Depósitos Sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos.	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos.	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 a 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido à significativa deposição de sedimentos.
17. Alterações no canal	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes.	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	Margens modificadas; acima de 80% do rio modificado.
18 Características do fluxo das águas	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos.
19. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento; todas as plantas atingindo a altura "normal".	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; desflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura "normal".	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura "normal".	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.
20. Estabilidade das Margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
21. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18 m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18 m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12 m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6 m; vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica.
22. Presença de plantas Aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídas no rio, substrato com perifiton.	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme.	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p.ex. aguapé).
23. Presença de plantas exótica de associação negativa (Ex: Lirio do brejo)	Ausência de plantas exóticas em toda área do brejo.	Presença de pequena quantidade de plantas exóticas em áreas isoladas do brejo.	Presença de plantas exóticas por toda área do brejo.	Alta quantidade de plantas exóticas presentes em todo o brejo.
Classificação				
Impactada (de 0 a 40 pontos)	Alterada (de 41 a 60 pontos)		Natural (de 61 a 100 pontos)	

Fonte: Adaptado de CALLISTO et al (2002).

Anexo 2- Protocolos para análise da água: Amônia, Nitrito e Nitrato

Determinação de Amônia (NH₃)

A quantificação de amônia nas amostras de água dos brejos foi realizada por meio de análise colorimétrica, utilizando a reação do fenol com nitroprussiato de sódio em meio alcalino, formando um composto de coloração azulada, cuja intensidade é proporcional à concentração de amônia.

Procedimento:

Pipetar para os frascos (tubos) de ensaio (preferencialmente escuros e com tampa), em triplicata:

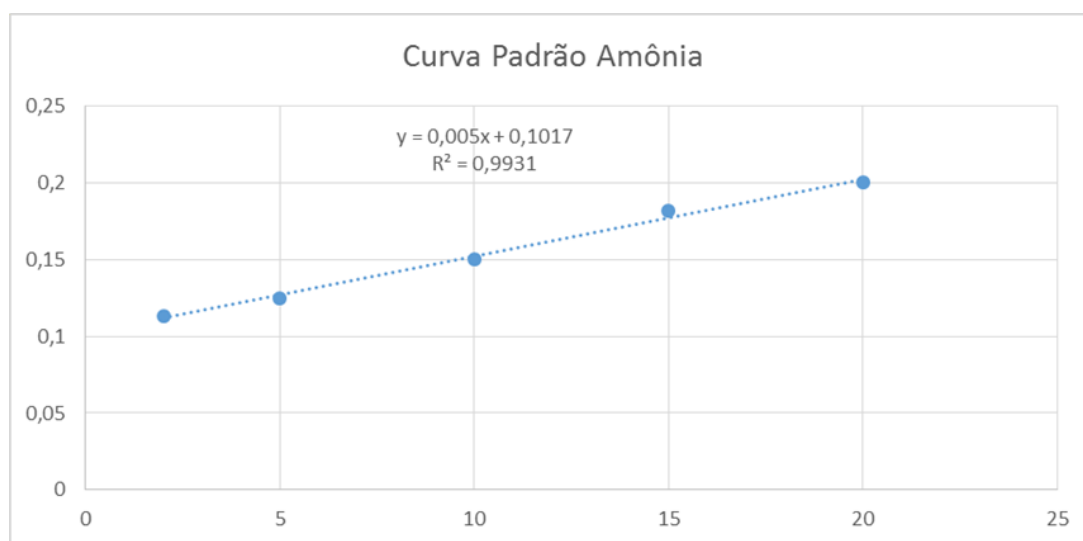
- 10ml de cada amostra;
- 10 ml de água deionizada (Branco)

Adicionar a cada frasco de ensaio:

- 0,40 ml da solução de fenol e homogeneizar
- 0,40 ml da solução de nitroprussiato e homogeneizar;
- 0,10 ml da Solução oxidante e homogeneizar.

Imediatamente após essa etapa, tampar os frascos mantê-los ao abrigo da luz e aguardar 4 horas. Ler as absorbâncias no espectrofotômetro em 640 nm.

Gráfico 1- Curva Padrão da Amônia



Fonte: A autora, 2025.

Determinação de Nitrito (NO_2^-)

Procedimento:

Pipetar para os tubos de ensaio, em triplicata

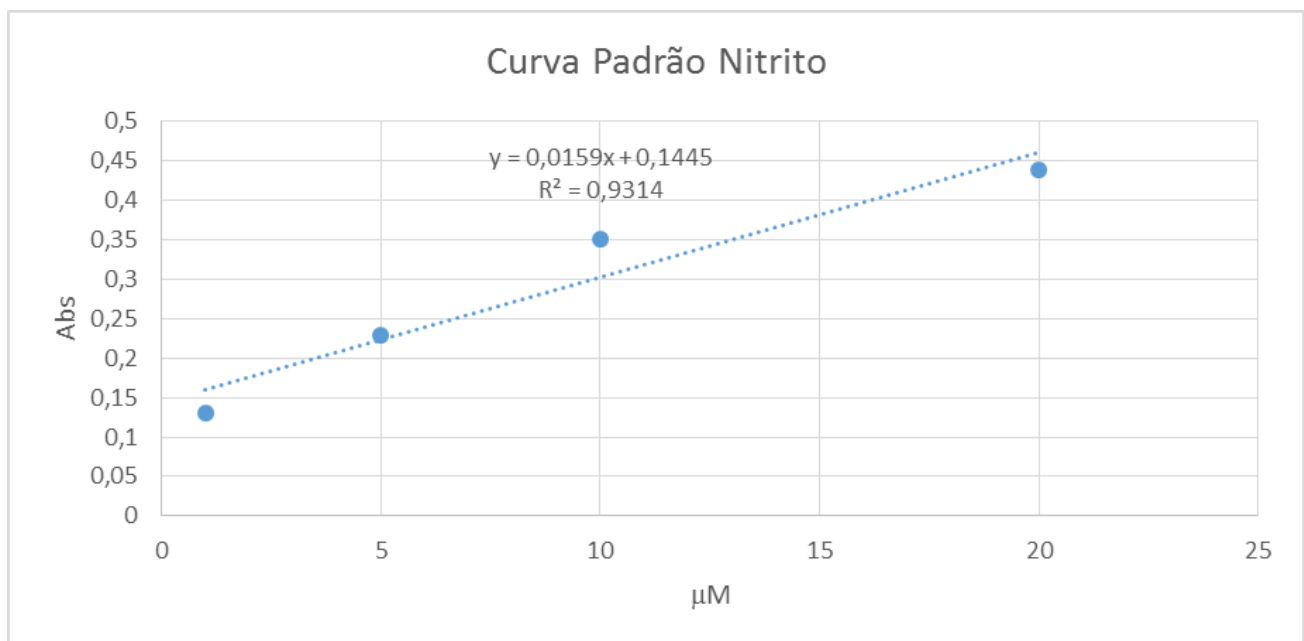
- 10 ml de cada amostra;
- 10 ml de água deionizada (branco).

Adicionar a cada frasco de ensaio:

- 0,20 ml da solução de sulfanilamida, homogeneizar e aguardar 1 minuto;
- 0,20ml da Solução de N-(1-naftil), homogeneizar e aguardar 15 minutos.

Em até 2 horas ler as absorbâncias no espectrofotômetro em 540nm usando água destilada para zerar o aparelho.

Gráfico 2 – Curva Padrão Nitrito



Fonte: A autora, 2025.

Determinação de Fósforo Total (PO_4^{3-})

Procedimento:

Pipetar para os tubos de ensaio, em triplicata:

- 10 ml da amostra

-10 ml de água deionizada (branco)

Adicionar a cada tubo de ensaio:

- 0,8ml da Solução de per sulfato

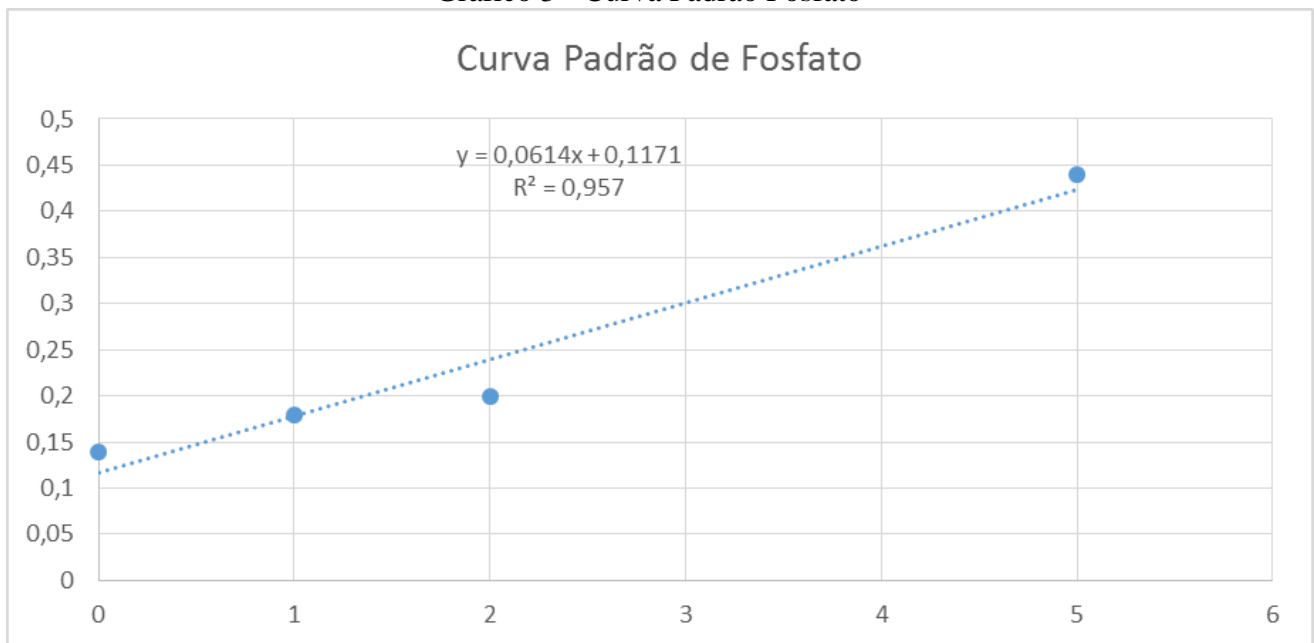
Digerir as amostras em autoclave por 45 minutos;

-0,2 ml da solução de ácido ascórbico e homogeneizar

-0,2 ml da Solução Mix, homogeneizar e aguardar entre dez e trinta minutos.

Em até 2 horas, preferencialmente, em 50 minutos, ler as absorvâncias no espectrofotômetro em 880 nm, usando água destilada para zerar aparelho.

Gráfico 3- Curva Padrão Fosfato



Fonte: A autora, 2025.

Anexo 3 – Autorização para atividade com finalidade científica (SISBIO)



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 98789-1	Data da Emissão: 23/04/2025 11:41:37	Validade*: 23/04/2026
De acordo com o art. 31 da Portaria ICMBio nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades, no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: maria regina de aquino silva	CPF: 082.847.038-31
Título do Projeto: CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA DO REFÚGIO DE VIDA SILVESTRE DO BICUDINHO DO BREJO PAULISTA (GUARAREMA-SP) PARA CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE	
Nome da Instituição: Fundação Valeparaibano de Ensino - FVE	CNPJ: 60.191.244/0001-20

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Revisão bibliográfica	05/2025	11/2025
2	Saídas de campo Bimestrais	06/2025	10/2025
3	Análise dos dados	06/2025	10/2025
4	Redação do relatório final- Trabalho de conclusão de curso	10/2025	11/2025

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Nacionalidade
1	LAURA SHIRASAKI BRANDAO	Execução das atividades e análise dos resultados	518.547.378-99	Brasileira
2	João Pedro Soares	auxilio de campo e laboratório	524.112.438-12	Brasileira

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº Portaria ICMBio nº 748/2022. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0987890120250423

Página 1/5