

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS
UNIDADE FRUTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS**

**NASCENTES DO CERRADO COMO TEMA PARA
EDUCAÇÃO AMBIENTAL**

**Palmira Inocência António
Educação Ambiental**

**FRUTAL-MG
2025**

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS
UNIDADE FRUTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS**

**NASCENTES DO CERRADO COMO TEMA PARA
EDUCAÇÃO AMBIENTAL**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora:
Prof^a. Dr^a. Eliana Aparecida Panarelli

Co-Orientador:
Prof. Dr. Rodrigo Ney Millan

**FRUTAL-MG
2025**

António, Palmira Inocência

A635n Nascentes do Cerrado Como Tema para Educação Ambiental.

68 f. : il. color., tab., fig.

Orientador: Dr^a. Eliana Aparecida Panarelli. Co-Orientador: Dr. Rodrigo Ney Millan.

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Minas Gerais, UEMG. Unidade Frutal, 2025.

1. Limnologia de nascentes. 2. Material paradidático. 3. Rios de primeira ordem. 4.Uso da terra. I. Panarelli, Eliana Aparecida. II. Millan, Rodrigo Ney. III. Universidade do Estado de Minas Gerais - Unidade Frutal. IV. Título.

CDU: 502.174(81)

Catalogação na fonte

Nereida Nanci Pimenta dos Santos – CRB-6/4379/O



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Ata

PALMIRA INOCÊNCIA ANTÔNIO

**NASCENTES DO CERRADO COMO TEMA PARA EDUCAÇÃO
AMBIENTAL**

Dissertação apresentada a Universidade do Estado de Minas Gerais, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, na área de concentração Ciências Ambientais, Linha de Pesquisa Diagnóstico e Ecologia Ambiental, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 28 de março 2025

Documento assinado digitalmente
gov.br
ELIANA APARECIDA PANARELLI
Data: 24/04/2025 08:40:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Profª Drª Eliana Aparecida Panarelli
UEMG Frutal/Orientadora**

Documento assinado digitalmente
gov.br
VANIA GALINDO MASSABNI
Data: 24/04/2025 13:36:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Profª. Dr.ª Vânia Galindo Massabni
USP - Piracicaba -SP**

Documento assinado digitalmente
gov.br
MARCOS GOMES NOGUEIRA
Data: 24/04/2025 15:10:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Marcos Gomes Nogueira
UNESP -Botucatu -SP**

Dedico a Deus,
a minha família, amigos,
em especial a minha
Mamã Palmira a minha irmã Amélia e
em memória ao meu Pai António Nataniel.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, por me guiar e iluminar os meus caminhos em todos os momentos da minha vida, a ele toda honra e gloria clamo ao Senhor meu Deus.

Ao Programa Bolsas Brasil PAEC OEA-GCUB (Organização de Estados Americanos – Grupo Coimbra) pela bolsa de pós-graduação concedida no ano 2023-2025; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro, à Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCiamb- Frutal) pela estrutura acadêmica, espaço de aprendizagem e acolhimento.

Ao meu eterno e puro amor da minha vida, minha Deusa Mãe Palmira Anastácio Malate por estar sempre presente na luta para o alcance dos meus objetivos, pelo amor, carinho, suporte incondicional, o meu eterno agradecimento. Aos meus irmãos, em especial ao Hermano Clemente António e Amélia Destina António, pelo apoio incondicional em todas as esferas da vida e particularmente na vida académica. Aos meus sobrinhos Hermano, Lira, Winner, Miya e Liam vocês são a razão da minha persistência.

A minha Orientadora Eliana Aparecida Panarelli, que é mais do que uma orientadora para mim. Agradeço pelo acolhimento, pelo carinho, pelos conhecimentos compartilhados, por me moldar e transformar como pessoa e como futura profissional ao longo desses anos, você se tornou uma fonte de inspiração para mim na área da pesquisa. Ao meu Coorientador Rodrigo Ney Millan pelo acolhimento, pelos conhecimentos compartilhados durante a formação acadêmica. Que Deus continue abençoando vocês hoje, amanhã e sempre.

Ao ‘Bonde’ como carinhosamente nos apelidamos, agradeço por cada momento passado do vosso lado. Alessandra sou eternamente agradecida pela sua amizade, carinho, cuidado e por estar presente em todos os momentos da minha vida e por ter me acolhido na sua casa e junto com a sua família, ganhei uma irmã e uma família no Brasil. Arthur, meu Tutu sou eternamente agradecida a você pela sua amizade companheirismo, carinho e pelo ombro amigo que sempre está ali para mim sempre que preciso. Nathalia agradeço pela sua amizade, seu carinho, momentos de risadas e que Deus continue abençoando você.

A Adrianita pela recepção, pelo companheirismo, pelo apoio acadêmico e pelos ensinamentos agradeço imenso que Deus continue abençoando você e seu coração bondoso. Ao Javier meu Mexicano favorito pelos momentos de risadas, maluquices, muchas gracias.

A Clara Mimura minha Japa Brasileira pelo seu carinho, pela sua amizade e pelo acolhimento seu e da sua família. Adriana conselheira, que sempre deu seu colo e pelos ensinamentos acadêmicos e religiosos, Fernanda sou grata pela amizade, pelos momentos de risadas e pela partilha dos conhecimentos acadêmicos, Laiane, Gilvana, Natasha, Camila, Richard, José Eduardo são tão especiais para mim, obrigada pelo carinho, conforto, amizade e peço a Deus que continue vos abençoando.

A companheira e conterrânea Chelcia e ao sobrinho que Deus me deu Harvey, agradeço pelos bons momentos que passamos juntos, vocês são especiais.

Aos meus amigos de Moçambique, por sempre torcerem por mim, em particular a minha amiga Naira por estar sempre presente nos meus bons e maus momentos, por sempre segurar a minha mão, para nuca desistir dos nossos objetivos.

A toda equipe do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais – UEMG/Frutal pela recepção e auxílio durante esses anos, a Maiza pelo carinho, atenção, e mais uma vez agradecer pela receptividade e acolhimento aos Professores Gustavo, Rodrigo e Eliana com quem tive o primeiro contato quando da minha chegada no Brasil e aos professores do programa, o meu profundo agradecimento.

A professora Osania, agradeço pelo carinho, pelas conversas e por sempre estar vigilante na nossa saúde, pois fazia sempre questão de controlar o cartão de vacina, só para ter o prazer de me ver tomar muitas vacinas, kkkk.

A turma de 2023-2025, agradeço pelo companheirismo, pelas risadas e pelo apoio durante essa trajetória.

Agradeço imenso as professoras da EJA, Cynthia Priscila Zelioli Scholl, Aline Nunes de Souza, pelo contributo no aperfeiçoamento do conteúdo da Cartilha e pela entrega para o alcance dos objetivos traçados na elaboração da cartilha. Aos estudantes da EJA, por terem disponibilizado seu tempo para o aperfeiçoamento da cartilha e pelas ricas contribuições, o meu muito obrigada.

Aos professores Eduardo da Silva Martins, Daniela Fernanda da Silva Fuzzo, pelos dados fornecidos e a toda equipe os meus profundos agradecimentos.

A turma da Geografia do ano 2023, pelos conhecimentos compartilhados e pelos momentos de risadas e pela vossa amizade, o meu muito obrigada.

Agradecimentos especiais a Banca examinadora a Profa. Dra. Vânia Galindo Massabni e ao Prof. Dr. Marcos Gomes Nogueira, pelas contribuições riquíssimas e de grande relevância para o trabalho.

“Só és livre quando matas o medo que te escraviza”

Azagaia

RESUMO

As nascentes são abundantes no Cerrado, chamado popularmente de berço das águas, as rochas sedimentares presentes em grande extensão favorecem a presença de áreas de recarga e descarga de aquíferos. No entanto, as ocupações agropecuárias muitas vezes negligenciam as regulamentações legais, oferecendo riscos para o equilíbrio ecológico e disponibilidade de recursos hídricos. O presente trabalho tem por objetivo integrar a pesquisa científica com a Educação Ambiental, elaborando uma cartilha sobre as nascentes da Serrinha, voltada para o nível do ensino fundamental. A coleta dos dados que integra o conteúdo da cartilha foi realizada durante o período seco e chuvoso, em nascentes de cinco das principais bacias hidrográficas localizadas na porção Sul da Serrinha, Município de Frutal, na região do Triângulo Mineiro (MG). Recortes da paisagem no entorno das nascentes foram caracterizados com mapeamento do uso da terra; um Protocolo de Avaliação Rápida de Rios foi aplicado para verificação da integridade de habitat; parâmetros físicos e químicos da água das nascentes foram obtidos com uma sonda multiparâmetros (Horiba, modelo: U-50) e amostras foram coletadas para análises posteriores em laboratório (análise microbiológica e de nutrientes; sedimento para conteúdo de matéria orgânica e granulometria). As nascentes estudadas apresentam diferentes tipologias morfológicas e distintos graus de impacto antrópico, causados principalmente pela instalação de monoculturas e pastagens sem a devida preservação das Áreas de Proteção Ambiental. Os dados obtidos no estudo foram selecionados e organizados para a confecção da cartilha sobre Educação Ambiental abordando diferentes tipos de nascentes, seus impactos antrópicos e possível medidas de recuperação/conservação. O conteúdo da cartilha foi aplicado em sala de aula por professora do ensino fundamental para Educação de Jovens e Adultos, buscando adequação da linguagem e do conteúdo para o público-alvo. Considerando os relatos dos pesquisadores, os resultados apontam que o conteúdo abordado na cartilha é adequado para o ensino fundamental.

Palavras-chave: Limnologia de nascentes. Material paradidático. Rios de primeira ordem. Uso da terra.

BRAZILIAN SAVANNAS SPRINGS AS A THEME TO ENVIRONMENTAL EDUCATION

ABSTRACT

The water springs are abundant in Brazilian savannas, known as a “water nursery”, the sedimentary formation in its large extend favors the occurrence of recharge and discharge of groundwater. However, the livestock and agricultural occupations often neglect the legal environmental regulations, posing risks to ecological functions and water resources availability. This study aimed to integrate scientific research to middle school, elaborating an Environmental Education booklet about “Serrinha springs” for a middle school. Data sampling was performed during the rainy and dry season in springs from the five principal watersheds situated in the Southern region of Serrinha, Frutal Municipality, Triângulo Mineiro region (MG). Landscape buffers were characterized by land use mapping around springs; a Rapid River Assessment Protocol was applied to verify the habitat integrity; chemical and physical parameters were obtained with a multiparameter probe (Horiba, model: U-50); and water samples were collected for later analyses in the laboratory (water microbiology and nutrient analysis, organic matter and granulometry in the sediment). The springs studied have three distinct morphotypes and different degrees of anthropic impact, mainly caused by pasture and monoculture land uses without correct preservation of the Environment Protection Areas. The data obtained were selected and organized to create a booklet on Environmental Education, approaching different kinds of springs, their anthropic impacts, and possible recovery/conservation measures. The booklet content was applied by a middle school teacher for the Youth and Adult Education program, aiming to verify the language and content adequacy for the target audience. According to researchers' reports, the results indicated that the content covered in the booklet is suitable for middle school.

Keywords: Spring Limnology. Paradidactic materials. First-order rivers. Land uses.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL	14
OBJETIVOS	16
REFERÊNCIAS	16
CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO	17
2. O CERRADO, SUAS NASCENTES E A EDUCAÇÃO AMBIENTAL	17
2.1 Cerrado	17
2.2. Paisagem do Cerrado	18
2.3. Definições e características de nascentes	19
2.4. Educação Ambiental e Importância das Nascentes	21
REFERÊNCIAS	23
CAPÍTULO 3 – ECOLOGIA DE NASCENTES DO CERRADO	26
3.1 INTRODUÇÃO	26
3.1.1. Limnologia e saúde ecossistêmica	26
3.2. MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.2.1. Área de estudo	27
3.2.2. Uso e ocupação da Terra	29
3.2.3. Aplicação de Protocolo de Avaliação Rápida (PAR)	29
3.2.4. Amostragem das variáveis limnológicas	30
3.2.5. Análises em laboratórios	31
3.2.6. Análise de dados	32
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
REFERÊNCIAS	53
CAPÍTULO 4 – NASCENTES DO CERRADO COMO TEMA PARA EDUCAÇÃO AMBIENTAL: CONSTRUÇÃO DE UMA CARTILHA	56
4.1 INTRODUÇÃO	56
4.2 METODOLOGIA	58
4.2.1 Elaboração da cartilha	58
4.2.2 Avaliação da cartilha	59
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.3.1 Relato: desenvolvimento do trabalho junto a EJA	61
4.4 CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 3

	Página
Figura 1 – Área de estudo localizada na porção Sul da Serrinha inserida nas sub-bacias dos principais rios no município de Frutal: 1 - Ribeirão São Mateus; 2 - Ribeirão Marimbondo; 3 - Córrego Bebedouro; 4 - Ribeirão Frutal; 5 – Rio São Francisco.....	28
Figura 2 – Exemplos de nascentes localizadas na porção Sul da Serrinha (Frutal - MG).....	29
Figura 3 – Uso e ocupação de terra da bacia 1.....	36
Figura 4 – Uso e ocupação de terra da bacia 2.....	36
Figura 5 – Uso e ocupação de terra da bacia 3.....	37
Figura 6 – Uso e ocupação de terra da bacia 4.....	37
Figura 7 – Uso e ocupação de terra da bacia 5.....	37
Figura 8 – Vazão em nascentes da Serrinha, nos períodos seco e chuvoso.....	38
Figura 9 – Condutividade elétrica em nascentes da Serrinha, nos períodos seco e chuvoso.....	40
Figura 10 – Turbidez em nascentes da Serrinha, nos períodos seco e chuvoso.....	41
Figura 11 – Valores de pH em nascentes da Serrinha, nos períodos seco e chuvoso....	41
Figura 12 – Concentração de Oxigênio dissolvido em nascentes da Serrinha, nos períodos seco e chuvoso.....	42
Figura 13 – Concentração de nitrogênio amoniacal total em nascentes da Serrinha, nos períodos.....	43
Figura 14 – Concentração de nitrito em nascentes da Serrinha, nos períodos seco e chuvoso.....	43
Figura 15 – Concentração de nitrato em nascentes da Serrinha, nos períodos seco e chuvoso.....	44
Figura 16 – Concentração de fósforo total em nascentes da Serrinha, nos períodos seco e chuvoso.....	45
Figura 17 – Porcentagem (%) de matéria orgânica nas nascentes da Serrinha, no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).....	46
Figura 18 – Granulometria do sedimento da nascente 1A (vereda em corredeira), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).....	47
Figura 19 – Granulometria do sedimento da nascente 1B (vereda em corredeira), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).....	47
Figura 20 – Granulometria do sedimento da nascente 1C (nascente em corredeira com fundo rochoso), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).....	47
Figura 21 – Granulometria sedimento da nascente 2A (nascente em corredeira com fundo rochoso), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).....	48
Figura 22 – Granulometria do sedimento da nascente 2B (vereda em corredeira), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).....	48
Figura 23 – Granulometria do sedimento da nascente 2C (vereda de acumulação), período chuvoso (esquerda) e seco (direita).....	48
Figura 24 – Granulometria do sedimento da nascente 3A (vereda em corredeira), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).....	49
Figura 25 – Granulometria do sedimento da nascente 3B (vereda de acumulação), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).....	49
Figura 26 – Granulometria do sedimento da nascente 3C (nascente em corredeira com	

fundo rochoso), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).....	49
Figura 27 – Granulometria do sedimento da nascente 4A (nascente em corredeira com fundo rochoso), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).....	50
Figura 28 – Granulometria do sedimento da nascente 4B (nascente em corredeira com fundo rochoso), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).....	50
Figura 29 – Granulometria do sedimento da nascente 4C (nascente em corredeira com fundo rochoso), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).....	50
Figura 30 – Granulometria do sedimento da nascente 5A (nascente em corredeira com fundo rochoso), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).....	51
Figura 31 – Granulometria do sedimento da nascente 5B (vereda de acumulação), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).....	51
Figura 32 – Granulometria do sedimento da nascente 5C (nascente em corredeira com fundo rochoso), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).....	51

Capítulo 4

	Página
Figura 1 – Dois momentos da aula teórica: apresentação de conteúdo com imagens (à esquerda) e discussão do conteúdo (à direita).....	62
Figura 2 – Figura 2 – Demonstração de técnicas para obtenção de variáveis limnológicas utilizadas na construção da cartilha.....	66

LISTA DE TABELAS

Capítulo 3

	Página
Tabela 1 – Tipologia de nascentes da Serrinha (Frutal, MG) e estado de conservação de acordo com o Protocolo de Avaliação Rápida.....	33
Tabela 2 – Porcentagem de usos da terra no entorno de nascentes de cinco bacias hidrográficas da Serrinha (Frutal, MG)	35
Tabela 3 – Dados físicos e químicos (média) em nascentes da serrinha em dois períodos de amostragem de 2023 (períodos chuvosos e seco), em amarelo estão os valores em desacordo com o padrão esperado para o tipo de ambiente em estudo.....	39

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL

As nascentes são ambientes inseridos no imaginário da população e sua importância valorizada como fonte de água, um recurso indispensável para a vida. O Código Florestal de 1934 foi a primeira lei que instituiu a proteção das florestas no Brasil, como também reconhecia as outras formas de vegetação como úteis para as terras que a revestem, estabelecendo a proteção legal de diferentes tipos de vegetação (Brasil, 1934).

Essa norma foi alterada pelo Código Florestal de 1965, que teve o marco na evolução das abordagens e nas políticas de proteção ambiental, principalmente com relação as Áreas de Preservação Permanente (APPs). O Código Florestal de 1965 trouxe uma definição mais clara e objetiva sobre as áreas de proteção, incluindo as margens de rios e áreas de recarga de aquíferos entre as áreas protegidas. A lei federal considerou a preservação permanente das florestas e demais formas de vegetação natural situadas, entre outros sistemas, no entorno das nascentes “ainda que intermitentes e nos chamados “olhos d’água”, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura” (Brasil, 1965). O Novo Código Florestal (Lei 12.651/2012), tornou a APP menos restritiva considerando as nascentes como “afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d’água” (Brasil, 2012). Desta forma, sistemas de afloramento do nível freático, intermitentes ou efêmeros, assim como aqueles que dão origem a lagoas, ficaram desprotegidos. Além disso, a versão atual da lei de proteção da vegetação nativa no Brasil, aprovada sob pressão do setor do agronegócio, beneficiou com anistia os proprietários rurais que haviam desmatado vegetações ciliares de Áreas de Preservação Permanente (APPs) até o ano de 2008. Com o direcionamento dado pela nova legislação, as nascentes tornaram-se ambientes mais vulneráveis.

Em ambientes rurais, entre as atividades causadoras de impacto nas nascentes, estão a pecuária e a agricultura. Os impactos sobre as nascentes podem causar prejuízos para a disponibilidade e qualidade do recurso hídrico local, muitas vezes prejudicando o proprietário rural onde está situada a nascente. Nesses ambientes, faz-se necessária a Educação Ambiental para direcionar o atendimento às condições regulamentadas pelo Novo Código Florestal, buscando a sua recuperação e mantendo o aproveitamento dos recursos hídricos superficiais viáveis, sem a necessidade de substituição pela água de aquíferos subterrâneos, que possuem elevado tempo de residência, na escala temporal de milhares de anos (Ezaki *et al.*, 2020).

Sabendo que os recursos hídricos são indispensáveis à produção no campo, sendo o uso das águas superficiais mais sustentável a longo prazo do que o uso das águas subterrâneas, e considerando as possíveis dificuldades na identificação dos impactos sobre nascentes por parte dos produtores rurais, torna-se necessário traduzir o conhecimento científico sobre recursos hídricos para uma linguagem mais popular e regionalizada, com componentes de fácil identificação, visando futuras ações de conservação e recuperação ambiental.

O Triângulo Mineiro, importante região de produção agropecuária do país, abrange duas importantes bacias hidrográficas, a do Rio Paranaíba e do Rio Grande, sendo que o divisor dessas bacias na microrregião de Frutal é conhecido como Serrinha.

O presente estudo considera a necessidade da preservação das nascentes não apenas do ponto de vista conservacionista, mas também como fonte de recurso natural que deve ser utilizado de forma a minimizar os impactos ambientais sobre os ecossistemas aquáticos. Nesse sentido, os dados de um diagnóstico ambiental intitulado “Área de Proteção Ambiental da Serrinha: invertebrados terrestres e aquáticos como indicadores em nascentes do cerrado”, que caracteriza as nascentes do ponto de vista ecológico, foram utilizados para construção de uma cartilha voltada para Educação Ambiental, adequada à linguagem do ensino fundamental de educação de jovens e adultos (EJA).

Este trabalho se propõe a compilar os resultados sobre a caracterização da paisagem e variáveis físicas, químicas e microbiológicas das nascentes, com a elaboração de material paradidático em formato de uma cartilha. Desta forma, elaborou-se o trabalho dividido em mais três capítulos:

Capítulo 2 - Referencial teórico que aborda temas que serão tratados nos capítulos 3 e 4, incluindo: Características das paisagens do Cerrado, definições e características de nascentes, Educação Ambiental e a importância de nascentes;

Capítulo 3 - Ecologia de nascentes no Cerrado: síntese de dados obtidos em investigação científica sobre ecologia de nascentes, que envolve o trabalho de profissionais de diversas áreas: cartografia, limnologia, microbiologia.

Capítulo 4 – Nascentes do Cerrado como tema para Educação Ambiental: construção de uma cartilha. Educação Ambiental envolvendo popularização da ciência e letramento científico, na busca da conscientização sobre a importância das nascentes do Cerrado do Triângulo Mineiro.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Sintetizar o conhecimento produzido em pesquisa científica para elaboração de cartilha voltada à Educação Ambiental para jovens e adultos.

Objetivos específicos

- Selecionar e interpretar informações extraídas de representação cartográfica produzida para as nascentes da Serrinha;
- Selecionar e interpretar os resultados das propriedades físicas, químicas e microbiológicas das nascentes da Serrinha;
- Caracterizar os impactos ambientais encontrados nas nascentes da Serrinha;
- Testar adequação da cartilha junto a educação de jovens e adultos (EJA) de escola municipal do município de Frutal para produção de versão final;

REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto Federal nº, 23.793, de 25 de janeiro de 1934. Decreta o Código Florestal, Rio de Janeiro, DF: Presidência da República, 1934.

BRASIL. Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo código florestal brasileiro. Brasília: [s.n.], 1965.

BRASIL. Novo Código Florestal Brasileiro Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012.

EZAKI, S; GASTMANS, D; IRITANI, M. A; SANTOS, V; STRADIO, M. R. Geochemical evolution, residence times and recharge conditions of the multilayered Tubarão aquifer system (State of São Paulo – Brazil) as indicated by hydrochemical, stable isotope and ^{14}C data. **Isotopes in Environmental and Health Studies**, v. 56, 2020. DOI: 10.1080/10256016.2020.1797714.

CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO

2. O CERRADO, SUAS NASCENTES E A EDUCAÇÃO AMBIENTAL

2.1 Cerrado

O bioma de savanas é conhecido como Cerrado no território brasileiro, corresponde aos Domínios de Cerrado, de acordo com a proposição de Domínios Morfoclimáticos e Fitogeográficos por Aziz Ab'Saber (Coutinho, 2006). O termo “Bioma Cerrado” se popularizou por assim ser denominado tanto na legislação ambiental brasileira como nos meios de comunicação. A extensão do Cerrado ocupa 24% do território brasileiro (IBGE, 2004), sendo popularmente conhecido como “berço das águas” por abrigar inúmeras nascentes que alimentam grande parte das bacias hidrográficas do país.

No país que tem a maior quantidade de água doce disponível em rios do mundo, o Cerrado participa da produção hídrica de oito das doze regiões hidrográficas brasileiras, com importante papel na regulação do ciclo hidrológico, na manutenção da disponibilidade de água em diferentes escalas temporais e espaciais (Lima; Silva, 2007).

Destaca-se a importância das zonas úmidas do Cerrado, onde são formadas diversas nascentes, com ênfase no papel fundamental que exercem, fornecendo serviços ecossistêmicos como a regulação do ciclo da água, ciclagem de nutrientes, e conservação da biodiversidade. Essas áreas não são valorizadas na sua totalidade na proteção legal, pelo déficit de fiscalização e aplicação das leis (Durigan *et al.*, 2022).

Estratégias específicas são necessárias para proteger as áreas úmidas e nascentes do Cerrado devido aos riscos de fragmentação e degradação destes ambientes por consequência do desenvolvimento de atividades agropecuárias e urbanização. No entanto, precisa-se criar áreas protegidas e implementar estratégias para a proteção das zonas úmidas visando o contínuo fornecimento dos serviços ecossistêmicos (Durigan *et al.*, 2022).

Do ponto de vista do desenvolvimento agrícola, o Cerrado consiste em região de importância estratégica para os interesses do país no campo da segurança alimentar, agricultura sustentável e conservação da biodiversidade. Porém, infelizmente, a região enfrenta sérios problemas ambientais e sociais, como o desmatamento, a degradação do solo, a poluição das águas e perda da biodiversidade (Bolfe *et al.*, 2020).

2.2. Paisagem do Cerrado

O conceito da paisagem está fortemente atrelado ao desenvolvimento da ciência geográfica e ecológica. Bertrand (1986) conceitua a paisagem como resultado da integração de componentes físicos, biológicos e antrópicos. Pela sua complexidade no entendimento da paisagem, o mesmo faz menção a interação entre a sociedade e meio ambiente na formação e modificação da paisagem. No entanto, destaca a relevância de uma abordagem multidisciplinar para compreendê-la no seu todo, sem intrinsecamente olhar para a “paisagem naturalista”, e sim considerando outros fatores que influenciam na dinâmica paisagística do ambiente (Bertrand, 1986; Ferreira; Neves, 2023).

Recentemente o aprimoramento teórico desenvolvido por Bertrand tem agregado três conceitos importantes para o entendimento de questões ambientais através do modelo GTP (Geossistema, Território e Paisagem):

Para o autor, a natureza não poderia mais ser vista apenas sob a ótica naturalista, uma vez que sua transformação inevitavelmente está transcrita no desenvolvimento da história humana e vice-versa. Desta forma, a análise do GTP não considera apenas o tempo natural, como também o tempo social, onde os dois devem ser constantemente confrontados (Goncalves; Barbosa; Passos, 2023, p. 228).

O Cerrado tem sofrido com a conversão da vegetação nativa por diversos usos da terra, o que contribui para o surgimento de impactos na paisagem, levando a alterações significativas na estrutura dos habitats e seu funcionamento. A expansão agrícola, a urbanização desordenada e as atividades pecuárias contribuem para a fragmentação do habitat natural. Essas ações e atividades desenvolvidas nesses ecossistemas impactam com perda de biodiversidade, aumento do desmatamento, nas mudanças no regime hídrico e influenciando negativamente a ecologia e os serviços ecossistêmicos do Cerrado (Ganem *et al.*, 2013).

De acordo com Azevedo *et al.* (2023) o Cerrado cobria cerca de 24% do território nacional e perdeu significativamente sua extensão devido ao desmatamento, atingindo aproximadamente 659.670 mil ha desmatados. A elevada taxa coloca o Cerrado entre os “hotspots” mundiais, evidenciando um processo intenso de fragmentação no bioma (Ganem *et al.*, 2013). Na mesma linha, Dutra e Souza (2017) fundamentam que o Cerrado é a savana mais biodiversa e um *hotspot* mundial de conservação da biodiversidade. Entretanto, as áreas de vegetação savânica do Brasil estão bastante ameaçadas com a conversão de vegetação

nativa para a expansão de agricultura de larga escala, pastagem, pecuária e outras atividades relacionadas que desmatam, contaminam e degradam o solo, ar e a água, no processo de produção.

O agronegócio desenvolvido gera *commodities* que são relevantes na economia brasileira. As monoculturas e a pecuária constituem ~~como~~ os principais sistemas de uso da terra no país, conforme os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022). Nesse contexto, a produção de *commodities* agrícolas como monocultura de soja, café, milho, cana-de-açúcar, ocupam maior parte das áreas do Cerrado e utilizam grande parte dos recursos naturais existentes (Duarte; Leite, 2020).

O Triângulo Mineiro, localizado no oeste do Estado de Minas Gerais, é uma região conhecida pela sua representatividade paisagística, com vegetação típica do Domínio do Cerrado, caracterizado pelo complexo fitofisionômico: campestre (campo limpo de Cerrado), savântico (campo sujo de Cerrado, campo cerrado e cerrado *sensu stricto*) e florestal (cerradão), constituída por florestas tropicais estacionais escleromorfas semidecíduas mais abertas, arvoredos ou “*woodlands*” (savana florestada) (Coutinho, 2006), além das veredas, que são áreas alagadas com pontos difusos de afloramento do nível freático e ocorrência de buritis (*Mauritia flexuosa*).,

Além de apresentar fitofisionomias típicas do Domínio do Cerrado, a região é caracterizada pela riqueza hídrica, pois está inserida nas bacias hidrográficas do rio Grande e rio Paranaíba, com nascentes que ocorrem em diferentes superfícies de paisagem, com destaque para grande número de veredas, que sustentam as atividades de subsistência (Pereira; Figueiredo, 2018). Não obstante, as atividades desenvolvidas na região e da Serrinha têm impactado negativamente a dinâmica de suas nascentes (Antônio *et al.*, 2023).

2.3. Definições e características de nascentes

A definição de nascentes pode variar de acordo com o contexto em que é utilizada, mas basicamente uma nascente é o local em que a água surge na superfície do solo ou de uma rocha dando origem a um corpo d'água.

Odum (1988) alude as nascentes num contexto complexo da área hidrológica, onde as águas subterrâneas emergem à superfície, dando ênfase aos habitats para diversas formas de vida.

A resolução de CONAMA nº 303/2002 (Brasil, 2002) define a nascente como o local

onde a água aflora naturalmente do solo, mesmo de forma intermitente. Por outro lado, o novo Código Florestal (Brasil, 2012) protege apenas os afloramentos permanentes, excluindo os intermitentes da obrigatoriedade de preservação.

De acordo com Duarte (2018), três tipos distintos de nascentes são diferenciados pela localização do seu afloramento: (1) Nascente de fundo de vale: que também é conhecida como olho de água, e se forma nas depressões do terreno, onde a água advém do lençol freático; (2) Nascente de encosta: que pode aparecer advinda de bolsões de água no solo e tem seu fluxo temporário ou perene; (3) Nascente de contato: que bem como a de fundo de vale, nasce do lençol freático devido às falhas geológicas com ondulações, que se assemelha a um telhado de uma residência.

Segundo Valente e Gomes (2005) são seis os principais tipos de nascentes, considerando a formação geomorfológica, e forma do afloramento: (1) Nascente de encosta: marcada pelo contato de camadas geológicas, mormente localizadas em sopé de morros; (2) Nascente de depressão: formada por “olhos de água”: pontos de borbulhamento; (3) Nascente difusa: que ocorre em áreas encharcadas, como brejos; (4) Nascente de lençol artesiano: originadas em locais de forte declive e aquíferos confinados, principalmente em contatos geológicos; (5) Nascentes de falha geológica: que ocorrem onde as falhas marcam o contato do nível freático com a superfície; (6) Nascente de rochas cársticas: originadas em dutos, canais cársticos ou mesmo dolinas.

Todd e Mays (2005) apresentam quatro tipos de nascentes baseada em sua formação geológica: 1) Nascentes termais: formadas em embasamentos geológicos termais; 2) Géisers: que são nascentes termais periódicas formadas por diferenciação de pressão nos canais subsuperficiais; 3) Nascentes de contato: com nível freático delimitado por diferença de permeabilidade do substrato; 4) Nascentes em rochas impermeáveis – que ocorrem em canais tubulares ou fraturas.

Felippe (2007) apresenta três tipos de nascentes, de acordo com a perenidade do afloramento: 1) Nascentes perenes: são caracterizadas por apresentarem um fluxo de água contínuo, ou seja, durante todo ano, inclusive na estação seca, embora com menor vazão; 2) Nascentes intermitentes: são aquelas que apresentam fluxo de água apenas durante a estação das chuvas, mas secam durante a estação seca do ano; 3) Nascentes Efêmeras – são aquelas que surgem durante uma chuva, permanecendo durante alguns dias e desaparecendo logo em seguida.

Como visto acima, o termo nascente possui várias definições. Entretanto, considerando os tipos observados na região de Cerrado, a caracterização acima não abrange a totalidade de nascentes observadas no presente estudo, pois podemos destacar as nascentes em veredas, ambientes típicos do cerrado, considerada no Código Florestal (Brasil, 2012).

Na perspectiva de Meister (2017), conceitualmente, as nascentes em vereda são ambientes caracterizados por um sistema de drenagem superficial, mal delimitado, composto por uma trama fina de caminhos de água, regulados pelo regime climático regional, e que apresentam grande relevância para os “Domínios do Cerrado”, principalmente, por ser o ambiente de nascente dos principais cursos d’água, além de constituir refúgio para a fauna e flora. Portanto, as veredas são ecossistemas únicos encontrados no Cerrado, pois estas áreas compostas por solos úmidos, onde a água subterrânea aflora, e permitem a formação de pequenos rios, riachos e poças de água. Essas áreas são caracterizadas por vegetação de galeria, com palmeiras buritis e espécies adaptadas às condições úmidas (Santos *et al.*, 2021).

Quanto à dinâmica das nascentes em ambientes antropizados, Faria (2014) relata que bacias de primeira ordem são muito sensíveis a alterações no uso do solo e que sob intenso uso agrícola elas recebem volume de sedimento muito superior à sua capacidade de transporte, o que pode levar ao encurtamento ou desaparecimento de canais de primeira ordem. Dessa forma, a avaliação do uso da terra no entorno das nascentes é primordial para o entendimento dos impactos sofridos por esses sistemas. Faria (2014) também considera a dinâmica de matéria orgânica nos canais de primeira ordem e alerta que esses sistemas têm dinâmica muito diferenciada de canais maiores, assim precisam de mais atenção e não podem ser tratados como os cursos maiores.

2.4. Educação Ambiental e Importância das Nascentes

Atualmente, de acordo com Silva *et al.* (2021), são notórias as fragilidades naturais das áreas onde se encontram nascentes e a intensidade das interferências antrópicas nas áreas de preservação permanente, como as atividades agropecuárias, o uso de defensivos agrícolas, as queimadas, a supressão vegetal, os processos erosivos e a ocupação urbana. Esses aspectos ambientais propiciam e aceleram a degradação das zonas de recarga das nascentes e comprometem a perenidade dos afloramentos das águas. Portanto, a busca desenfreada de recursos e da produtividade para a satisfação das necessidades da sociedade capitalista

coloca em risco o meio ambiente, daí a necessidade de reverter esse cenário através da Educação Ambiental.

De acordo com Martelli (2019) Educação Ambiental é caracterizada como um processo de educação política, buscando formar indivíduos que exerçam uma cidadania para uma ação transformadora, a fim de melhorar a qualidade de vida da coletividade. A Educação Ambiental se constituiu com base em propostas educativas com inegável relevância para a construção de uma perspectiva ambientalista da sociedade, buscando caminhos sustentáveis, requalificando a compreensão e o modo de nos relacionarmos com a natureza.

Silva *et al.* (2021) fundamentam que a implementação de ações educacionais para a consciencialização da população objetiva tornar a população consciente e ágil na proteção no entorno das nascentes. A mesma fonte apresenta algumas sugestões de manejo adequado e conservação das nascentes que podem ser adotadas, como: 1) Delimitar e identificar as áreas de preservação permanente (APP) das nascentes; 2) Promover programas socioeducacionais junto às escolas que orientem a população sobre o papel e importância das nascentes, e a diminuição dos impactos nos olhos de água; 3) Utilizar o manejo preventivo, envolvendo as comunidades locais na recuperação das áreas degradadas; 4) Realizar o monitoramento de qualidade da água; 5) Investigar os impactos nas áreas de recarga das nascentes; e 6) Monitorar e fiscalizar o estado de conservação da vegetação, alterações no uso do solo e outros impactos que interfiram nas APPs. A Educação Ambiental é um processo permanente e contínuo de aprendizagem, que visa estimular os indivíduos para a atuação voltada às ações de conservação e preservação do meio ambiente, no uso sustentável e racional dos recursos naturais do planeta.

De acordo com Barros *et al.* (2018), a proteção das nascentes e recursos hídricos é essencial para garantir a disponibilidade de água no presente e no futuro. Isso envolve a proteção das áreas ao redor das nascentes contra o desmatamento, poluição e outras práticas prejudiciais, além da consciencialização da importância dos ecossistemas junto às comunidades, garantindo desta forma a sustentabilidade dos recursos naturais através de iniciativas educacionais no processo de ensino-aprendizagem de forma a tornar indivíduos autônomos na tomada de decisões relacionadas a questões ambientais, pois o Desenvolvimento Sustentável visa o equilíbrio entre os três pilares nomeadamente social, econômico e ambiental.

Portanto, a Educação Ambiental surge como ferramenta fundamental para

conscientizar e engajar a população na proteção dos recursos naturais do Cerrado, especialmente as nascentes e as zonas úmidas pelos serviços ecossistêmicos que fornecem que são fundamentais para o ambiente como para as comunidades locais e garantindo os recursos para as futuras gerações.

REFERÊNCIAS

ANTÓNIO, P. I. *et al.* Nascentes do Cerrado do Triângulo Mineiro: características da paisagem e disponibilidade de água. In: MARQUES *et al.* (org.). **Alterações antrópicas & meio ambiente**. Campina Grande: EPTEC, 2023. p. 155-165.

AZEVEDO, T. *et al.* **Relatório Anual de Desmatamento 2022** - São Paulo, Brasil - MapBiomas, 2023 - 125 páginas. Disponível em: <http://alerta.mapbiomas.org>. Acesso em: 26 mai. 2024.

BARROS, K. L. C. *et al.* A proteção de nascentes para conservação dos recursos hídricos em atenção à nova lei florestal. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 10, p. 607-624, 2018.

BERTRAND, C.; BERTRAND, G. La végétation dans le géosystème. Phytogéographie des montagnes cantabriques centrales (Espagne). **Révue Géographique des Pyrénées et du SudOuest**, Toulouse, v. 57, n. 3, p. 291-312, 1986.

BOLFE, E. L. *et al.* **Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções**. Brasília, DF. Embrapa, 2020.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 303, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 59, p. 94-95, 13 maio 2002.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano CXLIX, n. 102, p. 1-7, 28 maio 2012.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botânica Brasílica**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 13-23, 2006.

DUARTE, J. P. P. Importância e função das nascentes nas propriedades rurais: análise conceitual dos cinco passos para sua proteção. In: RODRIGUES, T. A.; LEANDRO NETO, J.; GALVÃO, D. O. (Org.). **Meio ambiente, sustentabilidade e agroecologia**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. v. 2, p. 202-215. DOI: 10.22533/at.ed.28619160423.

DUARTE, T.E. P. N.; LEITE, L. B. Medium – sized cities in the Brazilian savanna:

challenges for biodiversity conservation. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v. 14, p. 1-7, e2013420, 2020.

DURIGAN, G. *et al.* Cerrado wetlands: multiple ecosystems deserving legal protection as a unique and irreplaceable treasure. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 20, n. 3, p. 185-196, 2022.

DUTRA, R. M. S; SOUZA, M. M. O. Brazilian Savanna, green revolution and the evolution of pesticides consumption. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 29, n. 3, p. 473-488, 2017. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v29n3-2017-8>.

FARIA, A. P. Transporte de sedimentos em canais fluviais de primeira ordem: respostas geomorfológicas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 15, n. 2, 2014. DOI: [10.20502/rbg.v15i2.410](https://doi.org/10.20502/rbg.v15i2.410)

FELIPPE, M. F. **Espacialização e classificação dos tipos como zonas preferenciais de recarga de aquíferos em Belo Horizonte-MG**. Monografia (Graduação)-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

FERREIRA, M. de O.; NEVES, C. E. das. Abordagem geossistêmica de Georges Bertrand: perspectiva sobre o pensamento geográfico. **Formação (Online)**, [S. l.], v. 30, n. 57, p. 7-30, 2023. DOI: [10.33081/formacao. v30i57.8865](https://doi.org/10.33081/formacao.v30i57.8865).

GANEM, R. S; DRUMMOND, J. A.; FRANCO, J. L. Conservation policies and control of habitat fragmentation in the Brazilian Cerrado biome. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 99-118, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2013000300007>.

GONÇALVES, D. L.; BARBOSA, L. G.; PASSOS, M. M. dos. A geografia física global na perspectiva de Georges Bertrand: do sistema GTP (Geossistema-Território-Paisagem) ao SPT (Sistema Paisagem Territorializada). **Revista Geonorte**, Manaus, v. 14, n. 45, p. 215-237, 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa biomas do Brasil**. Brasil, 2004. Escala 1:5.000.000. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomas/mapas/biomas_5000mil.pdf. Acesso: 01 de abril de 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo da população do Estado de Minas Gerais**, 2022.

LIMA, J. E. F. W; SILVA, E. M. Estimativa da contribuição hídrica superficial do Cerrado para as grandes regiões hidrográficas brasileiras. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRICOS*, 17., 2007, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: ABRH, 2007, p. 1-13. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=3&ID=19&SUMARIO=4580>. Acesso em: 02 fev. 2025.

MEISTER, S. G. **A degradação de nascentes e a crise hídrica do Cerrado.** 2017. Tese (Dissertação de Pós-Graduação Lato Sensu em Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável). Universidade de Brasília. 2017.

ODUM, E. P. **Fundamentos de ecologia.** 4. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1988., 1988.

PEREIRA, T. T. C; FIGUEIREDO, L. P. S. Veredas do Triângulo Mineiro: estudos de solos e significância socioambiental. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 12, n. 2, p. 138-152, 2018.

SANTOS, E.V. *et al.* Análise da legislação ambiental brasileira para proteção das veredas. **Revista de Geografia**, [S. l.], v. 38, n. 1, p. 365–388, 2021. DOI: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2021.247491>.

SILVA *et al.* Problemática ambiental em nascentes Potiguares: subsídios e projetos de Educação Ambiental para recuperação de áreas degradadas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 661–675, 2021. DOI: 10.26848/rbgf. v14.2.p661-675.

TODD, D. K.; MAYS, L. **Groundwater Hydrology.** III Edition. New York: John Wiley & Sons, 2005. 656.p

VALENTE, Q. F; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes:** hidrologia e manejo de bacias hidrográficas. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2005. 210 p.

CAPÍTULO 3 – ECOLOGIA DE NASCENTES DO CERRADO

3.1 INTRODUÇÃO

3.1.1. Limnologia e saúde ecossistêmica

Esteves (1998) caracteriza a limnologia como a ciência que se dedica ao estudo das águas continentais (lagos, rios, lagoas), considerando os aspectos físicos, químicos, biológicos, para o entendimento dos processos naturais e das interações entre componentes bióticos e abióticos nos ecossistemas aquáticos, destacando na sua abordagem os impactos advindos das atividades humanas. Nesse sentido, a limnologia consiste em importante base teórica a contribuir para a gestão sustentável dos recursos hídricos.

Na definição de Wetzel (2001), a limnologia é uma ciência interdisciplinar que tem por objetivo a compreensão dos ecossistemas aquáticos de água doce, a fim de compreender os aspectos físicos, químicos, biológicos e ecológicos dos ambientes aquáticos, entender as funções, estrutura, dinâmicas dos ecossistemas como os ciclos biogeoquímicos, o processo de ciclagem de nutrientes, as respostas metabólicas dos ecossistemas que ajudam na assimilação das diferentes alterações que estes ambientes podem vir a apresentar.

A ecologia de ecossistemas de águas continentais, como pode ser definida a limnologia, é uma ciência que fornece a base para o estabelecimento de critérios normativos que suportam a Política Nacional dos Recursos Hídricos (Brasil, 1997), estabelecendo critérios para os usos preponderantes dos corpos d’água, com classificação mais restritiva para sistemas destinados a conservação da comunidade aquática e usos que envolvem contato humano direto e indireto com a água (Resolução Conama 357) (Brasil, 2005), buscando garantir a saúde humana na relação com o recurso hídrico.

Odum (1988) já considerava a relação entre o conceito de ecossistema, apontando que a saúde ecossistêmica foca na interligação intrínseca entre a saúde humana e a saúde dos ecossistemas circundantes. O autor argumenta que ecossistemas saudáveis possuem maior resiliência e capacidade de sustentação da vida, incluindo a vida humana e advertindo sobre os impactos negativos advindos das atividades humanas. Esse pensamento dá ênfase a necessidade de considerar a complexidade das interações existentes entre sistemas naturais e sociais na promoção da saúde humana e dos ecossistemas.

Inchauspe (2018) retoma a definição de ecossistema, aqui considerando não apenas

ecossistemas aquáticos, como um sistema de interações entre as populações de diferentes espécies que vivem em um mesmo local, e entre estas populações e o meio físico, para enfocar que a abordagem ecossistêmica em saúde propõe uma compreensão das complexas interações entre os vários componentes de uma totalidade e como essas interações influenciam a saúde e o bem-estar das populações.

O autor acima reitera que para a manutenção da saúde ecossistêmica, é imprescindível que haja conservação e preservação da biodiversidade em toda a ordenação hierárquica, sendo necessário promover ações e estratégias para a proteção dos habitats naturais, uso racional e sustentável dos recursos naturais, controle das espécies invasoras, redução da poluição, recuperação de ecossistemas degradados, e a promoção da Educação Ambiental para o bem-estar das populações humanas (Inchauspe, 2018).

O presente capítulo objetiva caracterizar um conjunto de propriedades físicas, químicas e biológicas das nascentes da Serrinha, relacionando essas características com o estado de conservação e qualidade da água das nascentes. Esses dados representam a base para a construção da cartilha (tratada no Capítulo 4).

3.2. MATERIAIS E MÉTODOS

O método de análise desse estudo baseia-se em abordagem sistêmica focada em análise descritiva da paisagem, com a compilação de dados primários e secundários, obtidos por uma equipe multidisciplinar de trabalho de campo e laboratório. Os pesquisadores responsáveis por cada etapa estão citados junto as técnicas que foram utilizadas para obtenção dos resultados apresentados. Análise quantitativa foi realizada para a caracterização da qualidade e quantidade de água nas nascentes, visando identificar diferenças nas condições de preservação das nascentes.

3.2.1. Área de estudo

O município de Frutal, onde o presente trabalho foi realizado (Figura 1), possui 60.012 habitantes e densidade demográfica de 22 habitantes por km², está inserido na região oeste do Estado de Minas Gerais e possui uma área de 2.426 km² inserida no domínio morfoclimático e fitogeográfico do Cerrado, apresentando uma matriz fragmentada formada por pastagens, áreas de cultivos perenes, semi-perenes e anuais, com poucos fragmentos florestais (IBGE, 2020). O clima da região é definido como Aw segundo a classificação

Köppen-Geiger, tropical com a estação seca e fria ocorrendo no inverno, e o verão apresenta a estação com maiores índices pluviométricos, temperatura e precipitação média anual de 23,8° C e 1626,9 mm, respectivamente (Alvares *et al.*, 2014). A região apresenta potencial déficit hídrico, ocorrendo entre os meses de abril a outubro, quando a recarga dos rios depende da acumulação subterrânea nos meses de excedente hídrico (novembro a março), a escassez hídrica é potencializada pela falta de planejamento e gestão dos recursos hídricos (IBGE, 2016).

A amostragem de variáveis ambientais foi feita na região da Serrinha, no município de Frutal-MG, e localizada entre as latitudes 19°46'52"; 20°01'28" S e Longitude: 48°49'29"; 49°08'53", os locais de amostragens estão representados na figura 1. Foram amostradas cinco das seis bacias hidrográficas do município, todas elas sub bacias do Rio Grande.

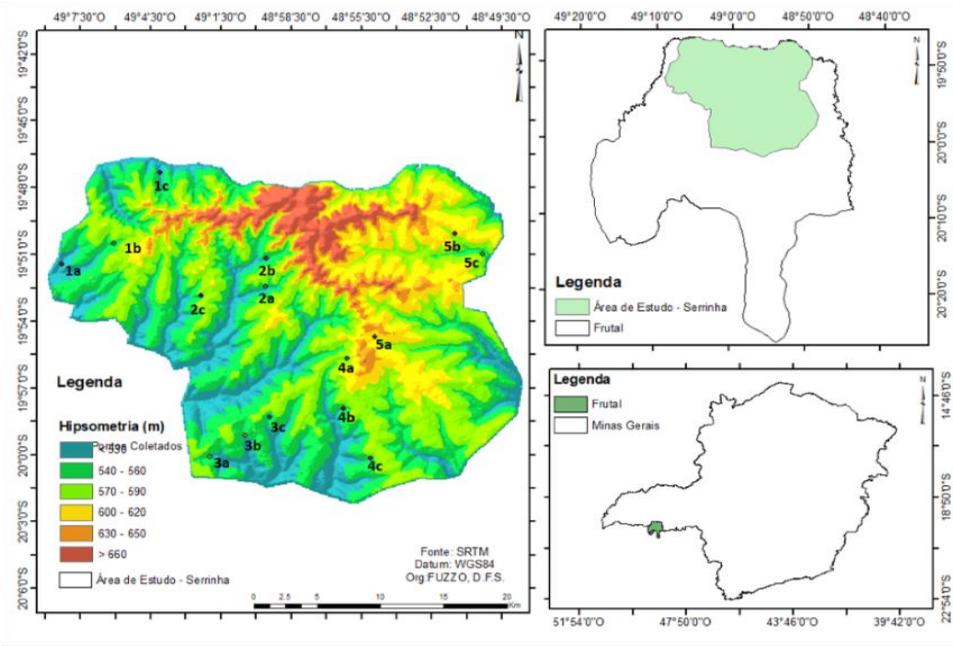


Figura 1 – Área de estudo localizada na porção Sul da Serrinha inserida nas sub-bacias dos principais rios no município de Frutal: 1 - Ribeirão São Mateus; 2 - Ribeirão Marimbondo; 3 - Córrego Bebedouro; 4 - Ribeirão Frutal; 5 – Rio São Francisco. (Fonte: D.F.S. Fuzzo, 2023)

A Serrinha compõe o divisor de bacias entre o rio Paranaíba e o rio Grande, composta por rochas areníticas da Formação Uberaba (Grupo Bauru), seguida ao sul por uma faixa da Formação Vale do Rio do Peixe (CPRM, 2012), onde se encontram nascentes de cinco bacias

dos principais rios do município: Ribeirão São Mateus, Ribeirão Frutal, Córrego Bebedouro, Ribeirão Marimbondo e Rio São Francisco. As porções centro leste e centro oeste possuem nascentes que vertem em áreas entremeadas por afloramento da Formação Serra Geral (CPRM, 2012).

A Serrinha e suas bordas compõem área de recarga importante para a manutenção da qualidade e quantidade das águas subterrâneas e seus afloramentos (nascentes, ver exemplos na Figura 2). O conhecimento da estrutura e dinâmica desses sistemas é importante para a sua proteção, sendo necessário evitar o desmatamento das matas ciliares, o uso incorreto dos solos e a instalação de atividades potencialmente poluidoras (Brasil, 2007).



Figura 2 – Exemplos de nascentes localizadas na porção Sul da Serrinha (Frutal - MG)

3.2.2. Uso e ocupação da Terra

O mapeamento foi feito para áreas de abrangência (*buffers*) com raio de 2 km no entorno de cada nascente. Para isso, utilizou-se técnicas de Geoprocessamento em software QGIS 2.18 e os mapas de cobertura e uso do solo do Brasil, gerados pelo MapBiomas (<https://mapbiomas.org/>), coleção 7.0, lançada em 2021, em escala 1:100.000, com formato matricial e pixel de 30x30m, assim cada pixel das imagens foi caracterizado de acordo com as classes de uso do solo de acordo com as imagens disponibilizadas pelo MapBiomas (2021). Posteriormente, as cartas temáticas foram utilizadas para a quantificação em % das classes de uso e ocupação da terra. Os dados do mapeamento foram coordenados pela Professora Daniela Fernanda da Silva Fuzzo.

3.2.3. Aplicação de Protocolo de Avaliação Rápida (PAR)

A aplicação do PAR foi realizada em cada nascente, utilizando o protocolo de Callisto *et al.* (2002), com o ranqueamento de 22 parâmetros relativos à estrutura do canal do rio e da vegetação ciliar, considerando aspectos naturais e antrópicos. Os parâmetros estão

divididos em dois grupos: os primeiros 10 parâmetros procuram avaliar as características dos trechos e os impactos ambientais decorrentes de atividades antrópicas, como erosão, remoção da mata ciliar, presença de moradias em locais inadequados e a criação de animais nas margens do córrego. Os parâmetros restantes buscam avaliar as condições de habitat e níveis de conservação das condições naturais.

Callisto *et al.* (2002) definem três níveis de preservação: 0 a 40 pontos indicam trechos impactados, 41 a 60 pontos trechos alterados e superior a 61 pontos são trechos naturais. As pontuações obtidas nos trechos podem variar conforme o tipo e a intensidade das atividades antrópicas presentes na região. Esse trabalho foi coordenado pela Professora Eliana Aparecida Panarelli.

3.2.4. Amostragem das variáveis limnológicas

3.2.4.1. Coleta de variáveis no ecossistema aquático

As nascentes escolhidas para amostragem estão associadas à formação de riachos de 1^a ordem, onde foram realizadas amostragens em tréplicas para cada nascente, no final dos períodos chuvoso (abril e maio de 2023) e seco (setembro de 2023). Em campo foram mensuradas a dimensões do canal (L: largura e P: profundidade) para obtenção da área da secção transversal do canal (A), sendo $A = (L \cdot P) / 2$, a ser multiplicada pela velocidade da correnteza (mensurada com um correntômetro digital, marca JDC Eletronic, modelo Flowatch) para obtenção dos valores de vazão (Q) em cada nascente ($Q = A \cdot V$), conforme Tundisi e Matsumura Tundisi (2008).

Os parâmetros físicos e químicos medidos no local foram obtidos na camada subsuperficial com utilização de sonda multiparâmetros (marca Horiba, modelo: U-50). Os seguintes parâmetros mensurados foram: turbidez (NTU), pH, oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$ a 25°C).

Para a análise de nutrientes da água, as amostras foram coletadas em frascos plásticos de (500 mL) previamente higienizados e mantidas congeladas até o momento da análise em laboratório.

As amostras para a análise microbiológica foram coletadas e acondicionadas em frasco de vidros esterilizados, refrigeradas e levadas ao Laboratório de Microbiologia da

Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade de Frutal, onde permaneceram refrigeradas até o momento das análises microbiológicas.

O sedimento foi coletado com *core* (em tubo de PVC), tomando a camada de profundidade com variação de 5 e 10 cm, acondicionado em frascos plásticos com volume de 500L, e congelados até a análise de conteúdo de matéria orgânica e granulometria. A amostragem em campo foi coordenada pela Professora Eliana Aparecida Panarelli e pelo Professor Rodrigo Ney Millan.

3.2.5. Análises em laboratórios

3.2.5.1. Química da água

O nitrogênio amoniacal total, nitrato, nitrito, fósforo total e ortofosfato foram quantificadas por determinação espectrofotometricamente, de acordo com Golterman *et al.* (1978) e Koroleff (1976). Esse trabalho foi coordenado pelo Professor Rodrigo Ney Millan.

A Resolução do CONAMA 357 (Brasil, 2005), classe I de águas doces, foi utilizada para discussão dos resultados por apresentar parâmetros de referência mais restritivos para sistemas aquáticos lóticos. Entretanto, a água das nascentes se enquadra melhor em sistema especial, cujos parâmetros de referências não estão disponíveis, devendo o sistema ser mantido em suas condições naturais.

3.2.5.2. Análise de sedimento

O sedimento foi descongelado e submetido a um processo de secagem em estufa a 60°C, até que o seu peso se estabilizasse. A composição granulométrica (g) foi determinada seguindo o método descrito por Suguio (1973), que consistem na medição das proporções de diferentes tamanhos de partículas presentes no sedimento (cascalho, areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina, areia muito fina, silte e argila), separadas por peneiramento. O teor de matéria orgânica (g) foi avaliado pela diferença do peso inicial e após a incineração em uma mufla a 550°C por uma hora. Essa etapa foi coordenada pela Professora Eliana Aparecida Panarelli.

*3.2.5.4. Coliformes Termotolerantes (*Escherichia coli*)*

A quantificação de coliformes totais e termotolerantes foi feita por meio do método Colilert®, método oficial da AOAC International, aprovado pelo método padrão para a

análise de água e esgoto pelo Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017). Este trabalho foi coordenado pelo Professor Eduardo da Silva Martins.

3.2.6. Análise de dados

Foi realizada apenas análise descritiva com a confecção de gráficos e tabelas, utilizando a média entre as três repetições feitas para as variáveis limnológicas em cada nascente. Para a caracterização da qualidade da água das nascentes foram utilizados valores de referência disponíveis na literatura, incluindo resoluções técnicas de órgãos governamentais. A Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil,2005) foi a principal referência utilizada, adotando-se a classe 1 por não haver especificações para águas especiais (como é o caso das nascentes). As variáveis limnológicas que melhor caracterizaram as nascentes foram associadas com a percentagem dos principais usos da terra e pontuação obtida no PAR, esses últimos representados por dados únicos em cada nascente, porém com três réplicas para cada bacia hidrográfica.

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Caracterização da paisagem

As nascentes da Serrinha apresentam variados estados morfológicos. Foram selecionados sistemas lóticos, com velocidade da correnteza igual ou superior a 0,1 m/s, tendo como referência o período de estiagem. As tipologias aqui propostas são identificadas como: nascentes em veredas com acumulação de água e baixa velocidade de corrente (VA), veredas formando corredeiras (VC) e nascentes em corredeira (NC) com fundo rochoso ou com sedimento depositado. Essa tipologia pode ser combinada com aquela apresentada por Felippe (2007), considerando que no presente estudo selecionamos apenas nascentes perenes.

As veredas analisadas em sua condição natural, com menor ou maior velocidade da correnteza de acordo com a declividade do terreno, muitas vezes apresentam fundo vermelho aveludado, com aparência de colônias de microrganismos impregnados com ferro oxidado (característica que precisa de confirmação por análise química e microbiológica), margeada por formação florestal, com destaque para a presença de buritis, ou formação campestre

típica de cerrados.

A presença de campos limpos nativos na região da Serrinha é de constatação rara, sendo registrado apenas na estação 1A, na margem esquerda de uma vereda, sendo a margem direita da mesma vereda habitada por buritis e demais vegetações de ambiente florestal e sub-bosque. Campos *et al.*; (2023) afirmam que os campos naturais sempre são negligenciados, tanto na apresentação de mapas, como em políticas de conservação e até em estudos ecológicos, em todos os sistemas tropicais.

A Tabela 1 apresenta dados sobre o tipo de nascente e dados de alteração ou manutenção das condições naturais, avaliados pelo PAR. Os três ambientes com paisagem alterada de acordo com o PAR, tem as suas margens ocupadas por pastagem.

Tabela 1 – Tipologia de nascentes da Serrinha (Frutal, MG) e estado de conservação de acordo com o Protocolo de Avaliação Rápida

Variável	Bacias														
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C
Tipo de nascente	VC	VC	NC	NC	VC	VA	VC	VA	NC	NC	NC	NC	NC	VA	NC
Pontuação	68	55	60	71	51	71	73	81	81	69	70	82	86	69	76
Estado de conservação	N	A	A	N	A	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

VA: vereda de acumulação e fluxo lento; VC: vereda em corredeira; NC: nascente em corredeira com fundo rochoso ou sedimento; N=trechos naturais; A=trechos alterados.

A Tabela 2 apresenta a porcentagem de cada classe de uso da terra, com valor maior que 1% da área avaliada. Pastagens e canavial se alternam em maior ocupação de uso (Figuras de 3 a 7), seguido por ambientes que apresentam diversificada forma de uso (mosaico de usos, que é o termo utilizado quando a imagem não permite a identificação de um tipo de uso específico, conforme MapBiomas, 2023). Nas áreas 1A e 5C pastagens e monocultura de cana-de-açúcar possuem áreas aproximadamente equivalentes; no entorno de todas as nascentes da bacia 3 existem áreas equiparáveis entre mosaico de uso e monocultura de cana-de-açúcar. Nas nascentes 4A, 4B e 5B as maiores áreas são ocupadas por canavial e as pastagens representam maior uso da terra nas nascentes 2B e 2C, sendo que em 2A o mosaico de uso é um pouco superior à área pastagens, assim como em 5A. A soja também ocupa área importante entre os tipos de usos: no entorno das nascentes 2A, 3C, 4A, 4B (entre 9 e 13%); em 5B e 5C ocupa área superior a 20% do *buffer*. Vale ressaltar que a

soja apresenta rotação de cultura com lavouras de cana-de-açúcar. Apenas uma área possui uso urbano, aproximadamente 37% do *buffer* de 4C.

Foi observado que a escala espacial trabalhada não possibilitou resolução adequada para detectar vários aspectos da paisagem, como lâminas d'água, campos alagados, áreas pantanosas, formações campestres, savânicas e florestais, pois o MapBiomass trabalha com escala 1:100.000 (1 cm representando cada 1000 m), aproximadamente 20 vezes menor do que a escala necessária para detectar o que é observado em campo.

Tabela 2 – Porcentagem de usos da terra no entorno de nascentes de cinco bacias hidrográficas da Serrinha (Frutal, MG)

Classe de uso da terra	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C
Cana-de-açúcar	37,04	0,00	11,38	25,14	31,30	13,83	36,33	38,63	26,88	12,48	0,00	40,24	0,00	49,71	20,37
Pastagem	36,23	61,93	69,68	30,27	42,58	72,47	27,24	27,16	24,05	40,81	42,08	20,99	39,80	15,12	20,54
Mosaico de usos	26,74	38,07	18,94	33,24	26,12	13,70	36,43	34,21	29,52	37,43	31,90	38,77	60,20	14,02	29,49
Formação florestal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,58	0,00	12,66	0,00	0,00	0,00	0,00
Soja	0,00	0,00	0,00	11,34	0,00	0,00	0,00	0,00	9,97	9,28	13,36	0,00	0,00	21,16	29,60
Área Urbanizada									0,00	0,00	0,00	36,95	0,00	0,00	0,00

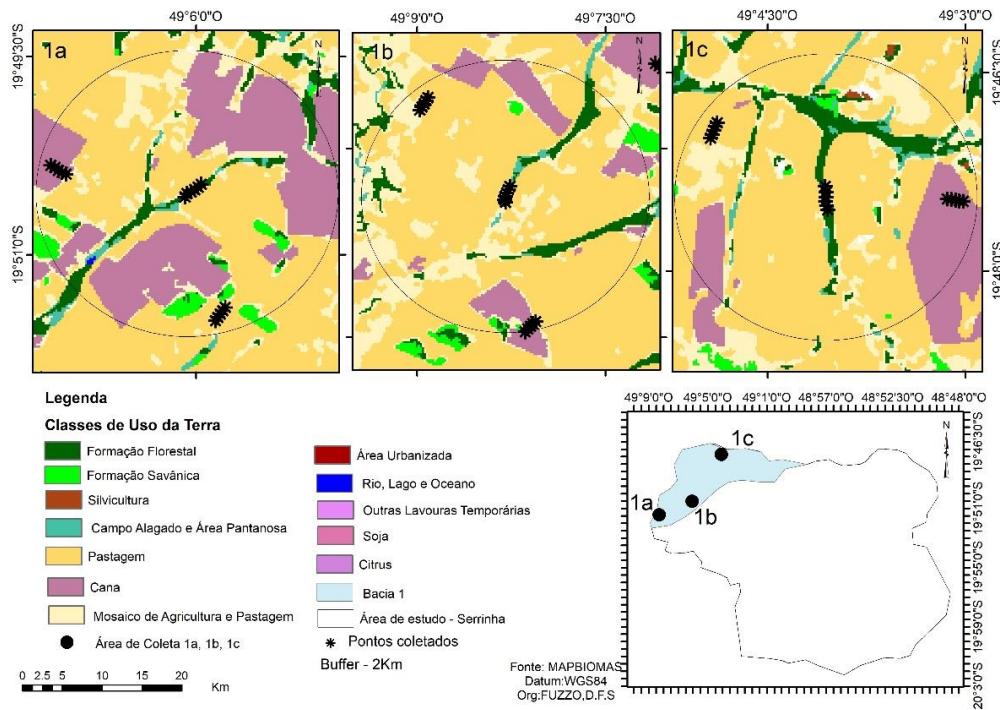


Figura 3 – Uso e ocupação de terra da bacia 1 (Organização: D.F.S. Fuzzo, 2023)

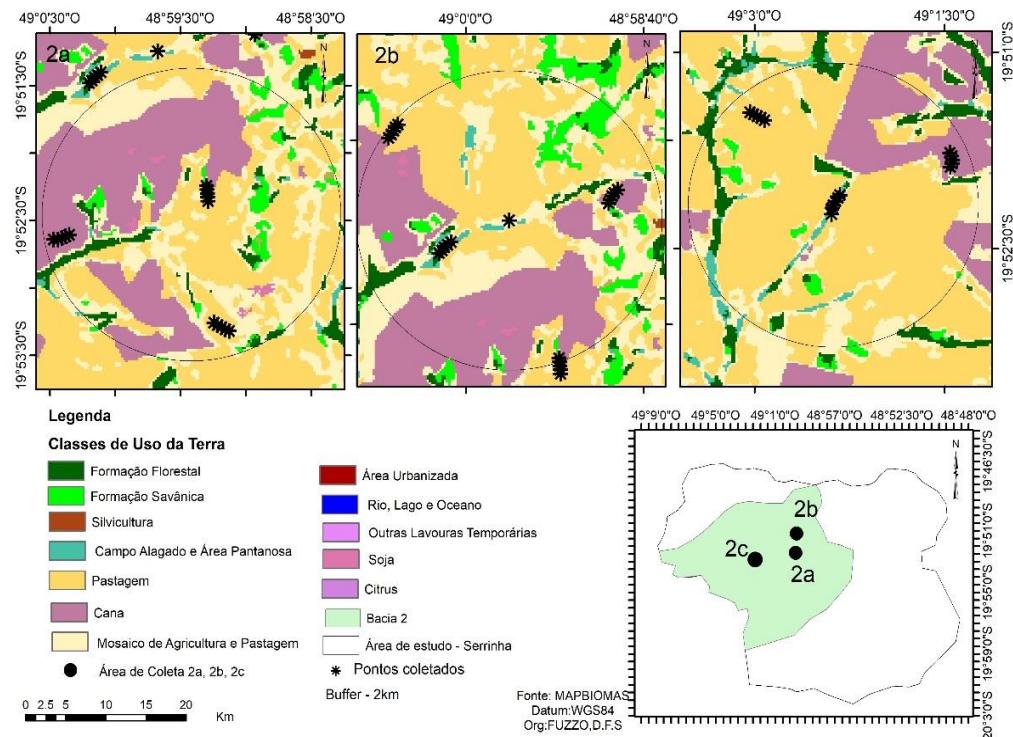


Figura 4 – Uso e ocupação de terra da bacia 2 (Organização: D.F.S. Fuzzo, 2023)

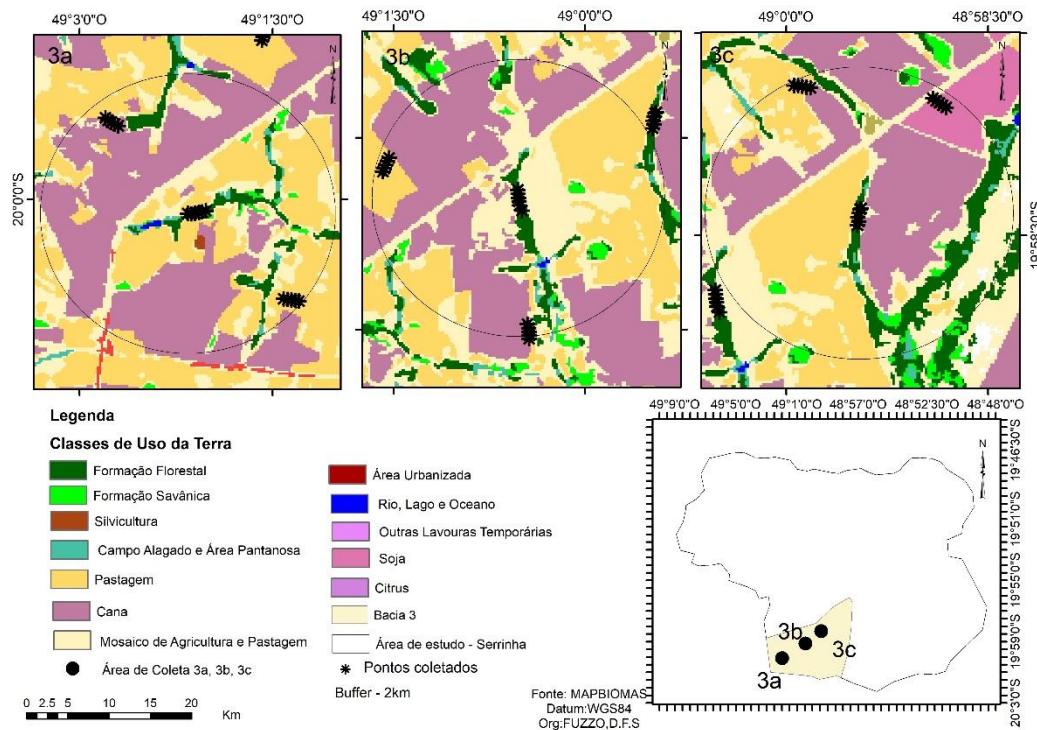


Figura 5 – Uso e ocupação de terra da bacia 3 (Organização: D.F.S. Fuzzo, 2023)

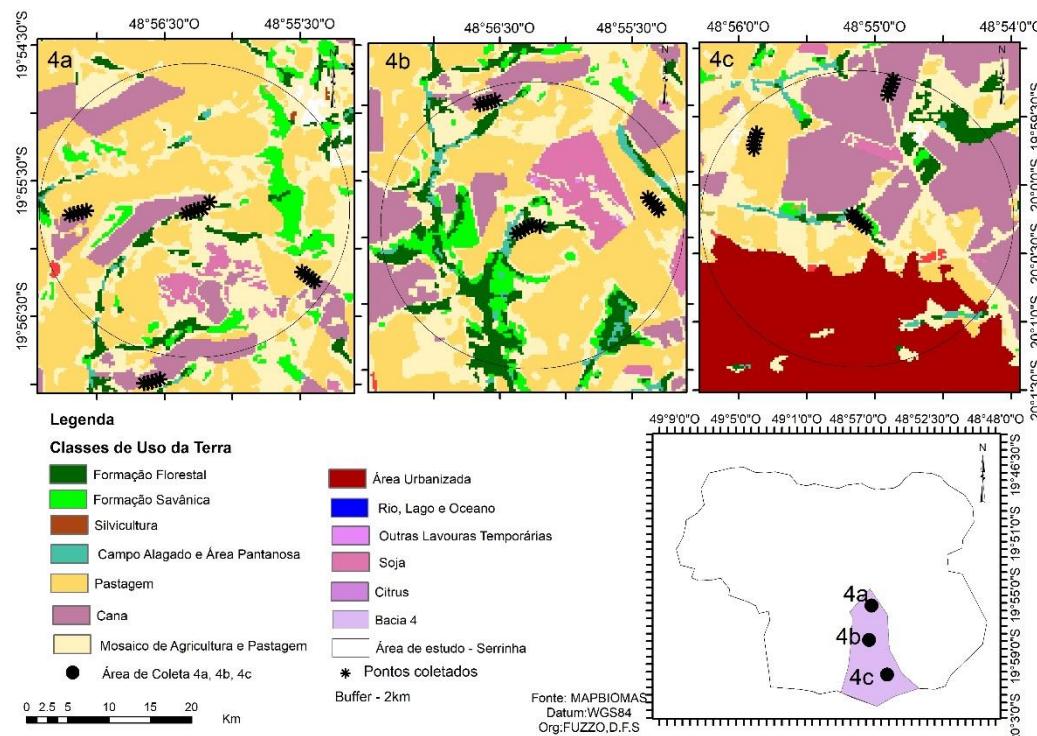


Figura 6 – Uso e ocupação de terra da bacia 4 (Organização: D.F.S. Fuzzo, 2023)

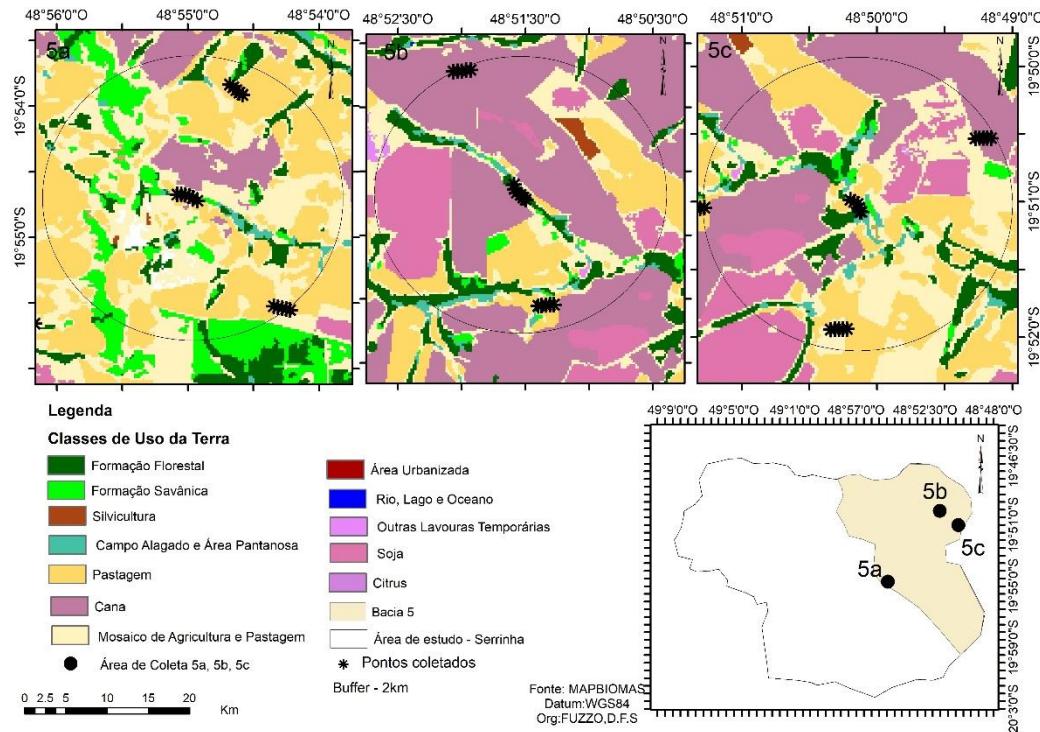


Figura 7 – Uso e ocupação de terra da bacia 5 (Organização: D.F.S. Fuzzo, 2023)

3.3.2. Caracterização limnológica

Os valores de pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e *coliformes termotolerantes*, foram as variáveis que se destacaram para caracterização de impactos na qualidade da água. A Tabela 3, apresenta os valores médios das variáveis mensuradas nas nascentes da Serrinha, em dois períodos distintos (chuvisco e seco) do ano de 2023. Os resultados também foram representados em gráficos, para facilitar comparações e a escolha das variáveis que serão representadas na cartilha (discutida no capítulo 4).

A contaminação por coliformes termotolerantes, provavelmente originada de fezes de gado, foi elevada na maioria das nascentes (ver valores médios na Tabela 3). Quando comparado período seco com o chuvoso, a maior quantidade de ambientes contaminados ocorreu no período chuvoso. Os valores de temperatura variaram tanto com o horário de amostragem como entre períodos, não sendo possível relacionar a temperatura com cobertura vegetal.

Os destaques na tabela 3 não estão em conformidade com os valores de referência da Classe 1 do Conama (Brasil, 2005) e o valor de condutividade, acima daqueles indicados por Vasconcelos et al. (2023) para caracterizar águas não poluídas.

Tabela 3 – Dados físicos e químicos (média) em nascentes da serrinha em dois períodos de amostragem de 2023 (períodos chuvosos e seco), em amarelo estão os valores em desacordo com o padrão esperado para o tipo de ambiente em estudo

Nascentes	Temperatura (°C)	pH	Condutivida de elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Turbidez (UNT)	OD (mg L^{-1})	Velocidade da corrente (m s^{-1})	Vazão ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)
Período chuvoso								
1A	24,31	7,27	34,67	7,47	5,13	0,43	0,089	401,27
1B	23,64	6,45	36,67	31,91	6,89	0,33	0,079	500,07
1C	23,88	7,04	142,00	10,40	3,87	0,65	0,137	3026,00
2A	24,38	7,08	151,00	0,00	3,04	1,50	1,637	142,93
2B	24,81	7,12	133,67	12,47	3,91	0,90	0,660	125,30
2C	26,61	6,70	36,00	30,10	4,71	3,00	0,003	112,00
3A	20,67	6,56	24,33	13,03	8,37	0,40	0,090	822,33
3B	20,83	6,47	35,67	27,17	6,59	0,43	0,055	352,33
3C	19,56	6,76	42,67	34,03	7,82	0,43	0,046	551,00
4A	21,18	7,44	168,33	12,37	8,32	0,10	0,011	365,67
4B	22,03	7,19	46,67	21,73	8,72	0,67	0,038	6618,67
4C	24,10	6,65	25,00	20,87	7,64	0,27	0,011	139,33
5A	23,28	6,49	151,00	1,20	7,28	0,17	0,017	696,33
5B	20,26	5,79	21,00	15,85	8,07	0,40	0,091	25,50
5C	21,05	6,16	55,33	12,33	9,29	0,67	1,053	221,33
Período seco								
1A	25,13	6,42	28,33	19,13	5,93	0,33	0,024	1015,33
1B	23,89	6,34	36,33	88,90	8,86	0,27	0,042	690,33
1C	21,84	6,83	141,00	31,50	4,11	0,37	0,063	5,63
2A	24,55	6,58	139,67	1,30	2,94	0,20	0,059	8,55
2B	27,62	6,92	143,67	6,07	4,42	0,43	0,079	242,67
2C	25,45	6,52	46,00	8,83	3,62	0,10	0,008	119,67
3A	23,69	6,13	21,33	7,60	8,21	0,37	0,050	136,43
3B	22,30	5,99	25,67	20,40	7,01	0,23	0,038	73,13
3C	21,88	6,39	43,33	4,60	7,76	0,23	0,030	8,70
4A	24,70	6,86	146,67	10,10	4,96	0,10	0,005	260,00
4B	27,32	7,19	45,33	18,47	7,52	0,50	0,032	207,67
4C	27,53	6,26	30,00	2,07	7,23	0,20	0,012	281,00
5A	26,34	7,34	132,00	9,03	5,85	0,13	0,101	90,67
5B	25,07	5,16	0,02	6,10	5,10	0,27	0,025	832,33
5C	25,53	6,45	23,38	0,00	9,22	0,30	0,002	281,67

Os valores de vazão (Figura 8) tiveram importantes diferenças entre as estações de amostragem durante o período chuvoso. Duas nascentes da bacia 2 e uma nascente da bacia 5 apresentaram valores consideravelmente elevados de vazão no período chuvoso, contrastando

com o período seco, o que indica elevado escoamento superficial nesses ambientes.

A “redução da disponibilidade de água em nascentes está relacionada principalmente à diminuição da infiltração da água no solo, aumentando o escoamento superficial direto, prejudicando o processo de recarga do lençol superficial” (Oliveira; Silva; Mello, 2020, p. 60). Assim, espera-se que quanto maior a ocupação urbana maiores as taxas de escoamento superficial e menores os volumes de infiltração da água no solo, devido ao aumento da impermeabilização asfáltica, concretagem e compactação dos terrenos urbanos. Além disso, autores supracitados apontam que a recarga de nascentes está fortemente relacionada com atributos físicos do solo e com a declividade, associados ao índice pluviométrico

Panarelli *et al.* (2025) sugerem que a área das nascentes da Serrinha ocupada predominantemente por monocultura possuem menor eficiência da infiltração da água no solo com prejuízos para recarga gradual das nascentes, prejudicando a vazão em épocas de estiagem. No presente estudo não foi possível detectar o efeito da área urbana na nascente 4C, possivelmente por estar localizada em menor altitude quando comparada à nascente.

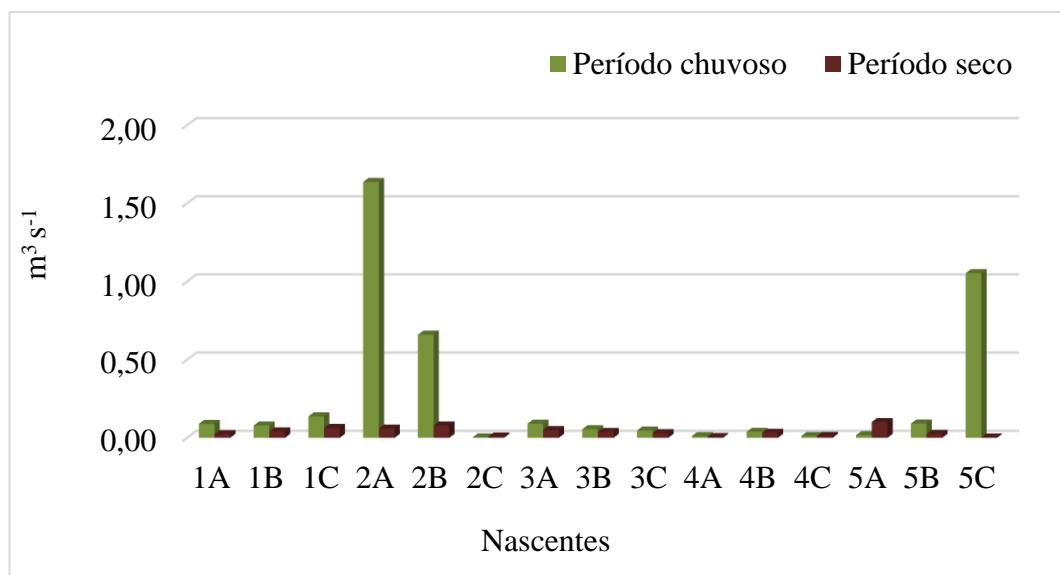


Figura 8 – Vazão em nascentes da Serrinha, nos períodos seco e chuvoso

A condutividade elétrica da água nas nascentes (Figura 9) pode indicar a presença de sais presentes no ambiente aquático (Vasconcelos; Cajazeiras; Sousa, 2019). As nascentes 1C, 2A, 2B, 4A e 5A tiveram valores acima de $100 \mu S cm^{-1}$, tanto no período seco como no período chuvoso, esses ambientes demonstram quantidades significativas de eletrólitos nas nascentes, de acordo com referência apresentada por Cruz *et al.* (2023).

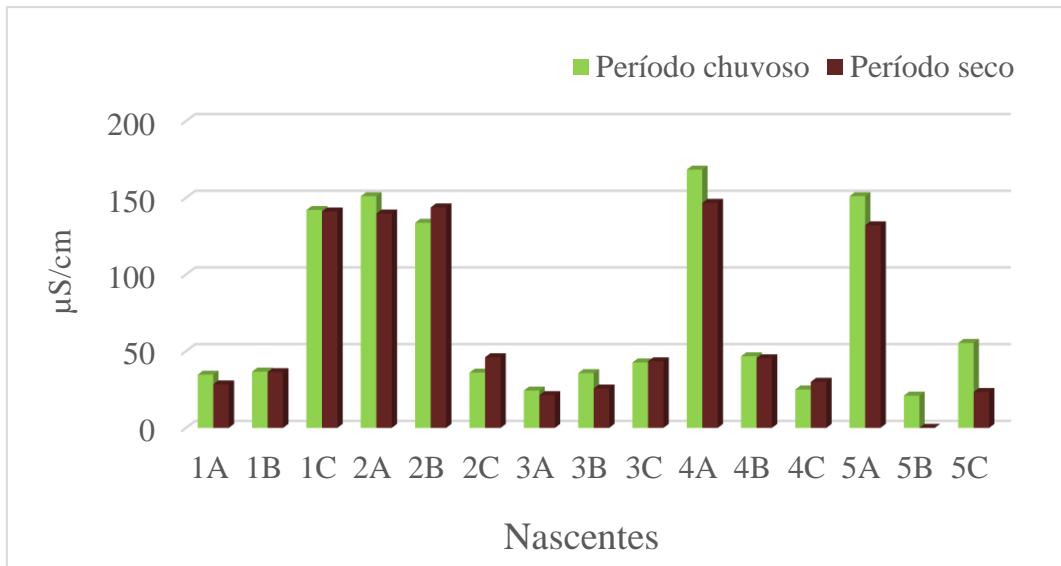


Figura 9 – Condutividade elétrica em nascentes da Serrinha, nos períodos seco e chuvoso

A maior parte dos valores da turbidez (Figura 10) apresentaram-se baixos de acordo com a Resolução do CONAMA 357 (Brasil, 2005), que determina o padrão aceitável de turbidez até 40 NTU. Apenas a nascente 1B apresentou valores elevados de turbidez. Essa nascente está situada em ambiente com uso predominante de pastagens. O PAR nesse local caracterizou o ambiente com alterado, o que reforça o impacto causado pelo uso da terra sem a manutenção adequada da APP nas margens do curso d’água.

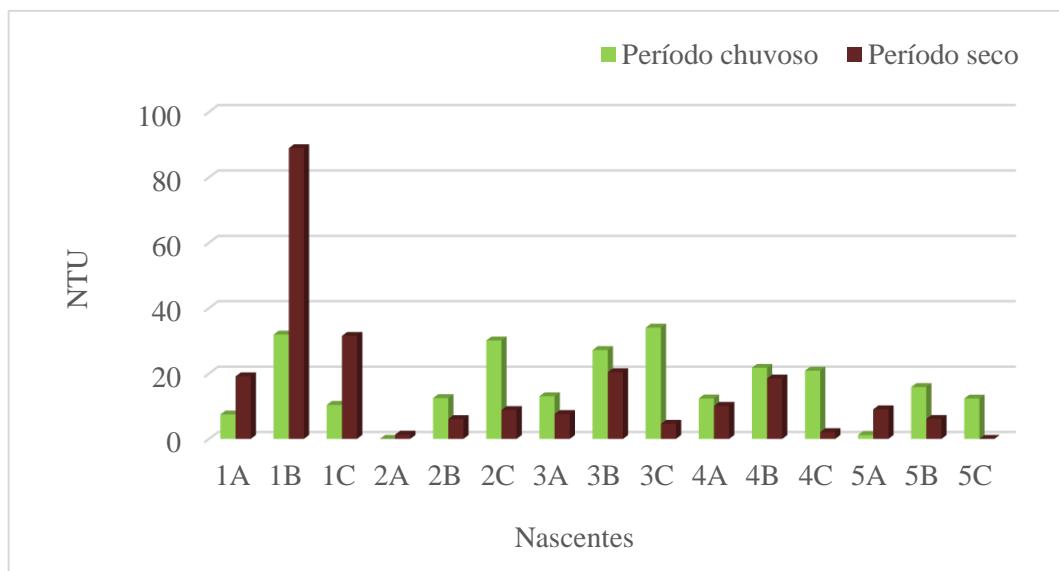


Figura 10 – Turbidez em nascentes da Serrinha, nos períodos seco e chuvoso

Os valores de pH acima da neutralidade (7,0) apresentam-se fora do padrão esperado

para nascentes do Cerrado em condições naturais (Figura 11). Valores de pH mais elevado, indicando condição levemente básica, estão discrepantes do que é esperado para águas que correm em solos ácidos do Cerrado (Gomes de Souza, 2021), podendo ser influência de lixiviação de calcário utilizado na agricultura. Entretanto, é preciso verificar a existência de componente geológico na região da Serrinha que possa influenciar valores elevados de pH como fator natural nas águas de algumas nascentes, pois segundo Barcelos *et al.* (1981) a Formação Marília desenvolvida no Triângulo Mineiro é caracterizada por conglomerados arenosos e carbonáticos e calcários impuros.

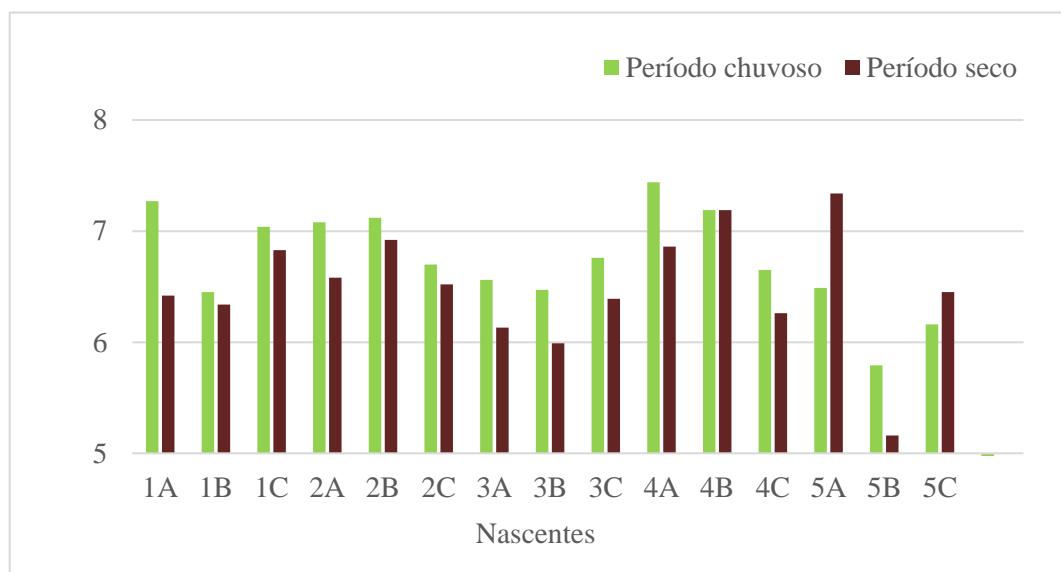


Figura 11 – Valores de pH em nascentes da Serrinha, nos períodos seco e chuvoso

Os valores de oxigênio dissolvido na água (Figura 12) tendem a ser elevados em sistemas lóticos. A Resolução do CONAMA 357 (Brasil, 2005) indica que o menor valor aceitável para classe 1 é 6 mg L^{-1} . Entretanto, os rios de primeira ordem podem estar sujeitos ao acúmulo de matéria orgânica e baixa vazão, assim o processo de decomposição pode reduzir essa concentração, conforme descrito por Esteves (1998). Mesmo assim é importante destacar que os menores valores (abaixo de 6 mg L^{-1}) também foram observados em locais com indícios de impactos pelas demais variáveis.

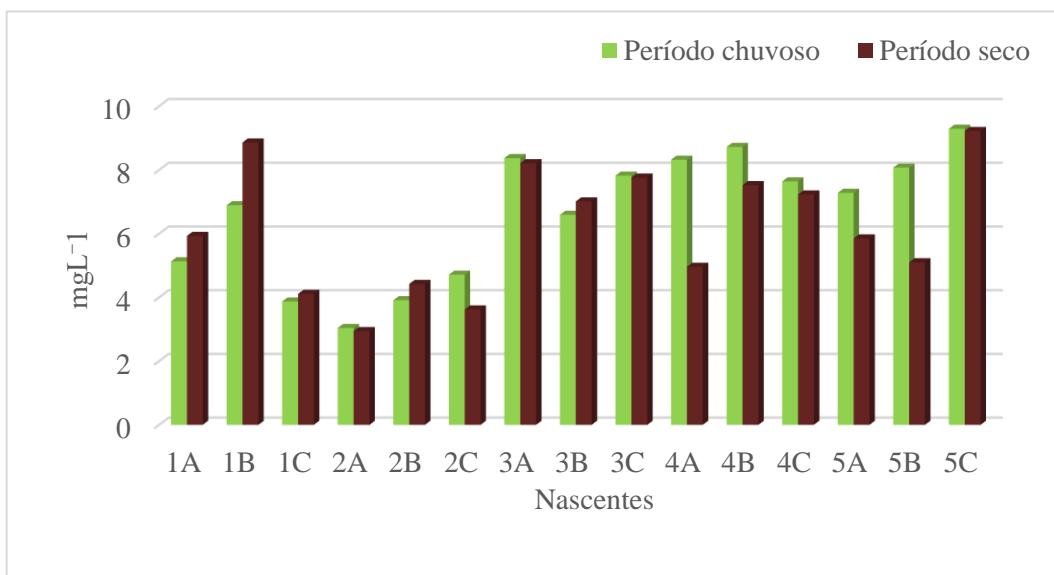


Figura 12 – Concentração de Oxigênio dissolvido em nascentes da Serrinha, nos períodos seco e chuvoso

As concentrações de nitrogênio amoniacal total apresentaram valores baixos nos dois períodos seco e chuvoso, conforme os padrões delimitados pelo Resolução do CONAMA 357 (Brasil, 2005). Entretanto, no período chuvoso as bacias 1A, 1B e 4A apresentaram valores destacadamente elevados, quando comparadas às demais nascentes. No período seco, as nascentes 2 e 2B no período seco, foram aquelas que apresentaram as maiores concentrações de nitrogênio amoniacal total (Figura 13).

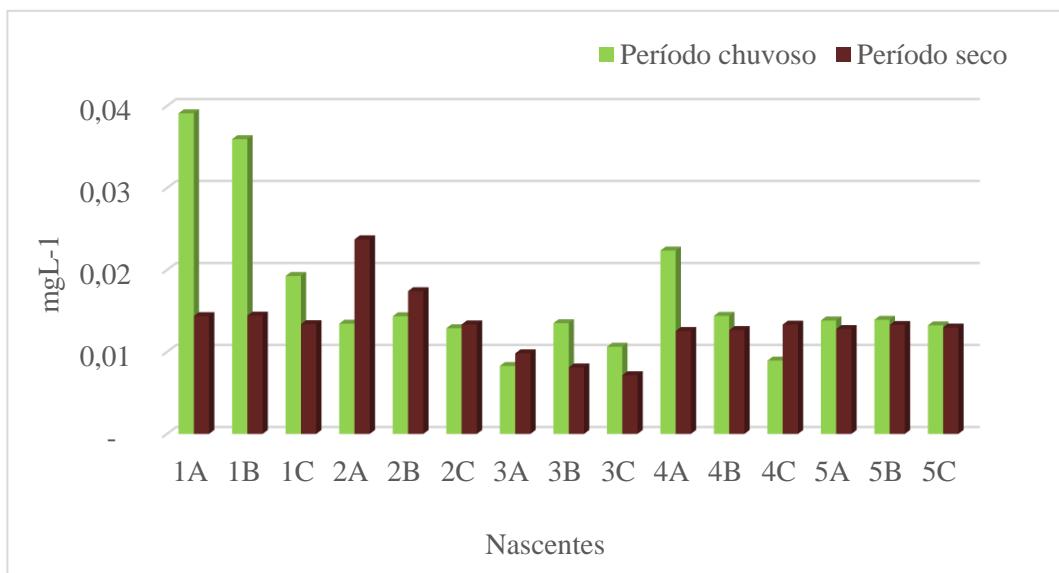


Figura 13 – Concentração de nitrogênio amoniacal total em nascentes da Serrinha, nos períodos seco e chuvoso

A Figura 14 mostra que a concentração de nitrito na água apresentou valores baixos comparado ao limite de nitrito de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ N estabelecido pela Resolução do CONAMA 357 (Brasil, 2005). Contudo, os valores mais elevados foram observados nas nascentes do Ribeirão São Mateus (média de $0,007 \text{ mg L}^{-1}$ N durante o período chuvoso e nas demais bacias os maiores valores ocorreram geralmente no período seco, porém não ultrapassando $0,02 \text{ mg L}^{-1}$.

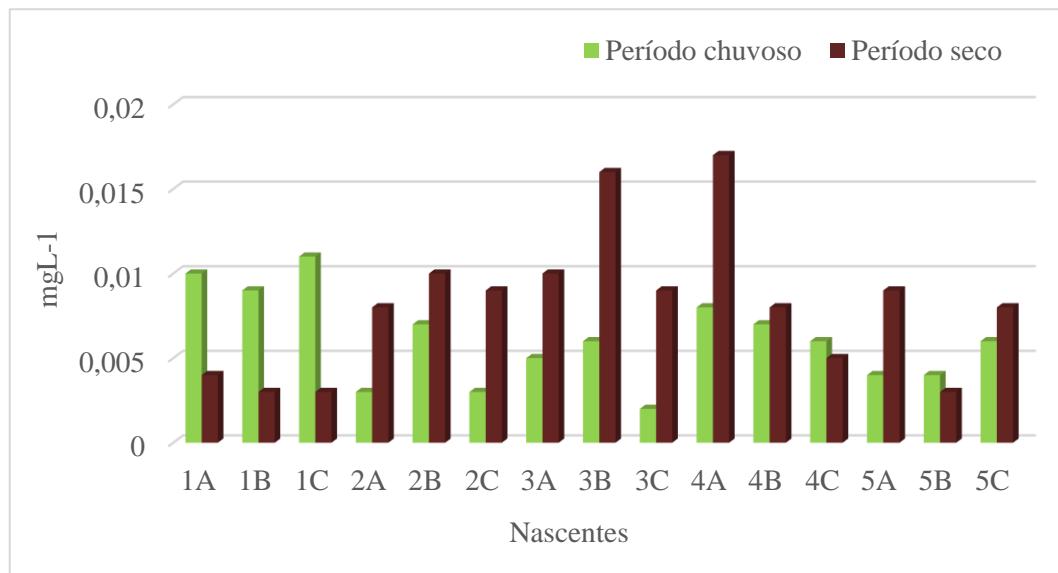


Figura 14 – Concentração de nitrito em nascentes da Serrinha, nos períodos seco e chuvoso

A representação dos valores de nitrato (Figura 15) evidencia que a concentração desse nutriente também é baixa nas nascentes, conforme os padrões estabelecidos pela Resolução do CONAMA 357 (até $10,0 \text{ mg L}^{-1}$ N para classe I). Com destaque para a nascente 2B (ambiente classificado como alterado pelo PAR) registrada no período seco e para 4A nos dois períodos amostrados.

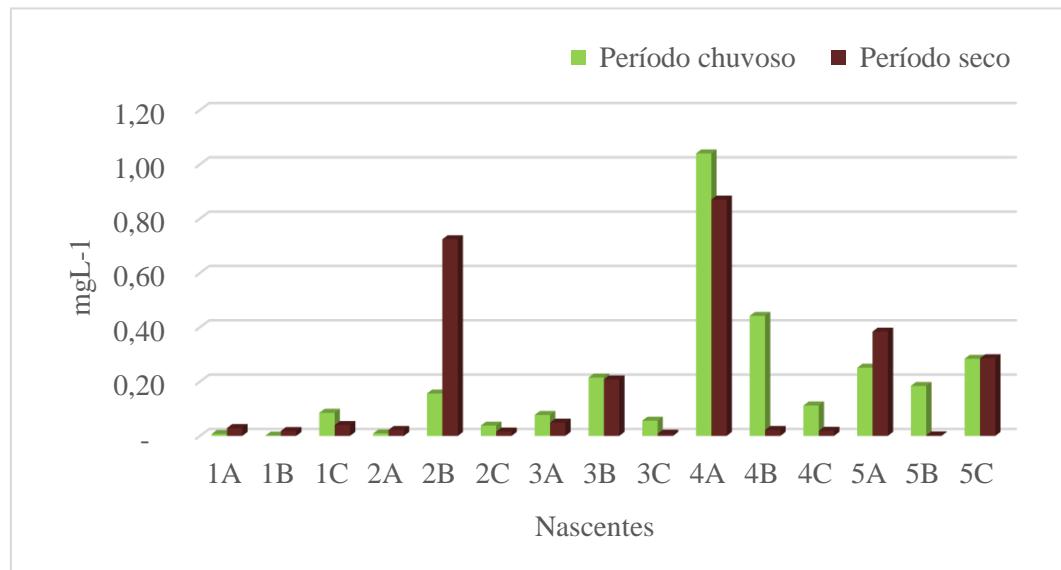


Figura 15 – Concentração de nitrato em nascentes da Serrinha, nos períodos seco e chuvoso

A Figura 16 representa as baixas concentrações de fósforo total na água das nascentes (o valor de referência é de $0,15 \text{ mg L}^{-1}$ P em ambientes lóticos). Os maiores valores foram encontrados em nascentes 1C, 3C, 4B no período chuvoso e 4C no período seco.

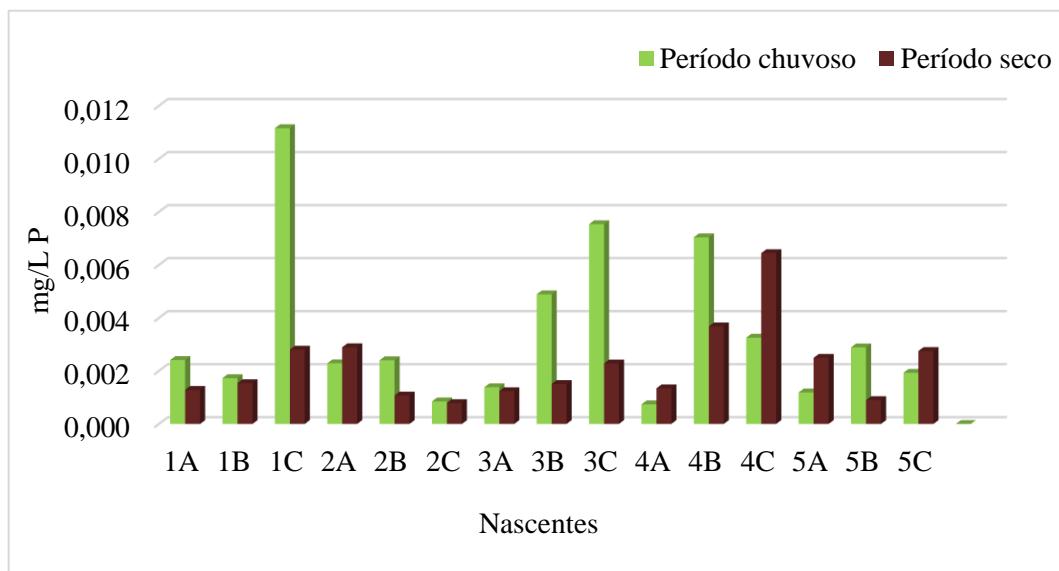


Figura 16 – Concentração de fósforo total em nascentes da Serrinha, nos períodos seco e chuvoso

A análise do sedimento mostrou variação de 0,1% a 4,6% para o conteúdo de matéria orgânica (Figura 17). Para nascentes em vereda de acumulação apenas a nascente 2C apresentou baixos valores (0,1% em média), as nascentes em vereda de acumulação 3B e 5B apresentaram as maiores proporções de matéria orgânica no sedimento, respectivamente 4,6% e 3,9%. Nos

ambientes de corredeira os valores foram todos abaixo de 3%, em média (0,6%) a bacia do Ribeirão Frutal (bacia 4) apresentou as menores quantidades de matéria orgânica no sedimento.

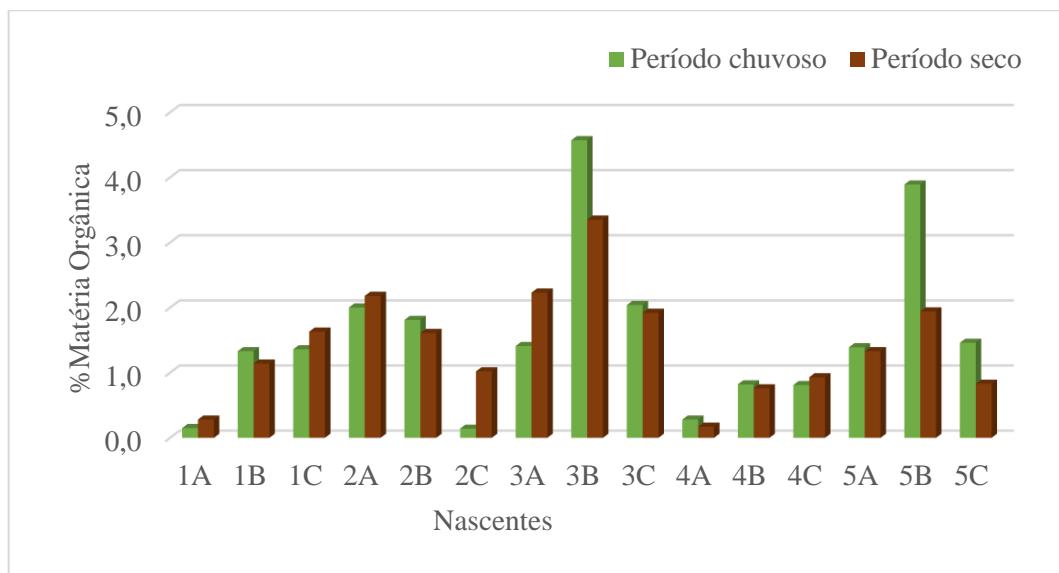


Figura 17 – Porcentagem (%) de matéria orgânica nas nascentes da Serrinha, no período chuvoso (esquerda) e seco (direita)

A granulometria do sedimento (Figuras 18 a 32), mostraram grandes proporções de areia fina em grande parte das nascentes estudadas. De acordo com Farias (2014), esses dados indicam impacto promovido pelo uso da terra, principalmente em rios de baixa ordem, onde o fluxo passa a ser insuficiente para o transporte da carga de sedimento inserida pelos sistemas agrícolas. As nascentes 1C e 5A, apresentaram as maiores composição com cascalho em pelo menos um período de estudo. A bacia do rio São Francisco foi aquela com sedimentos em proporções relativamente diversificadas para todas as nascentes. Em contraposição, as nascentes 1A, 2C, 3C, 4A e 4B tiveram mais de 50% da composição do sedimento representada por areia fina em pelo menos um dos períodos estudados. Entretanto, esses dados não coincidem totalmente com a indicação de ambientes próximos as condições naturais ou alterados verificadas pelo PAR.

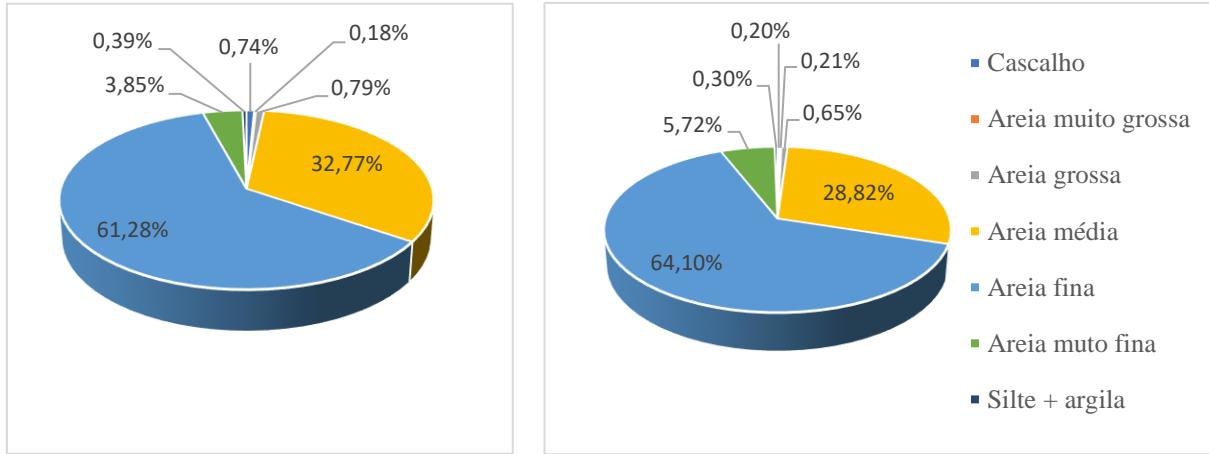


Figura 18 – Granulometria do sedimento da nascente 1A (vereda em corredeira), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita)

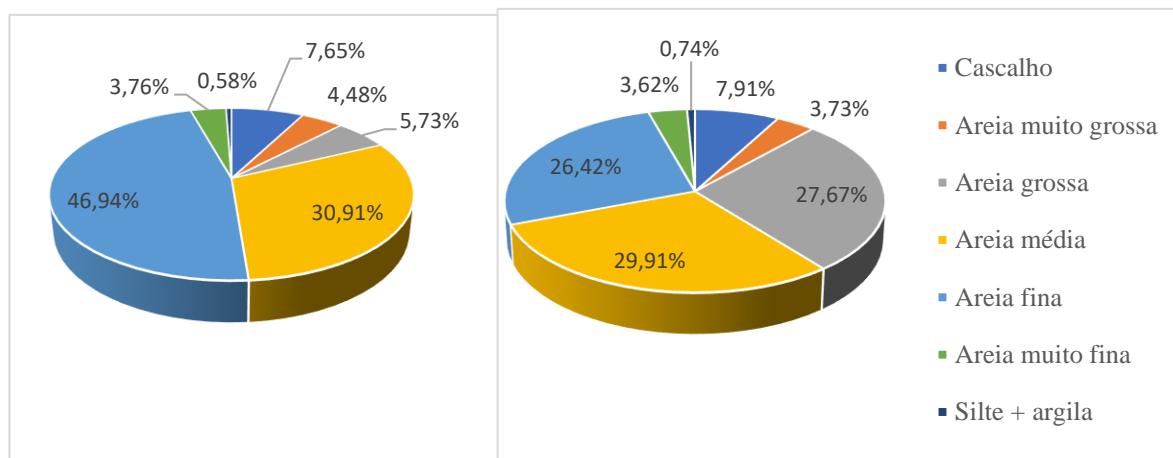


Figura 19 – Granulometria do sedimento da nascente 1B (vereda em corredeira), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita)

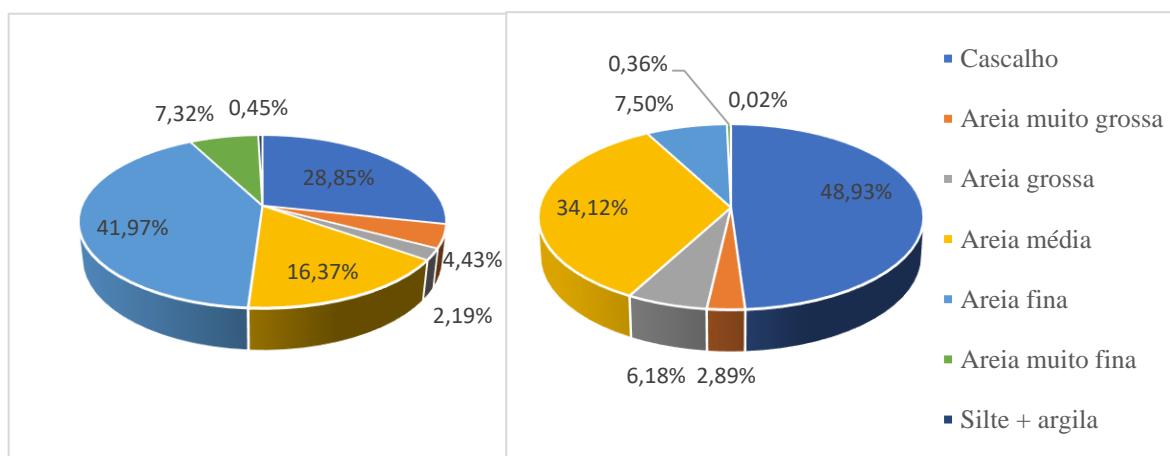


Figura 20 – Granulometria do sedimento da nascente 1C (nascente em corredeira com fundo rochoso), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita)

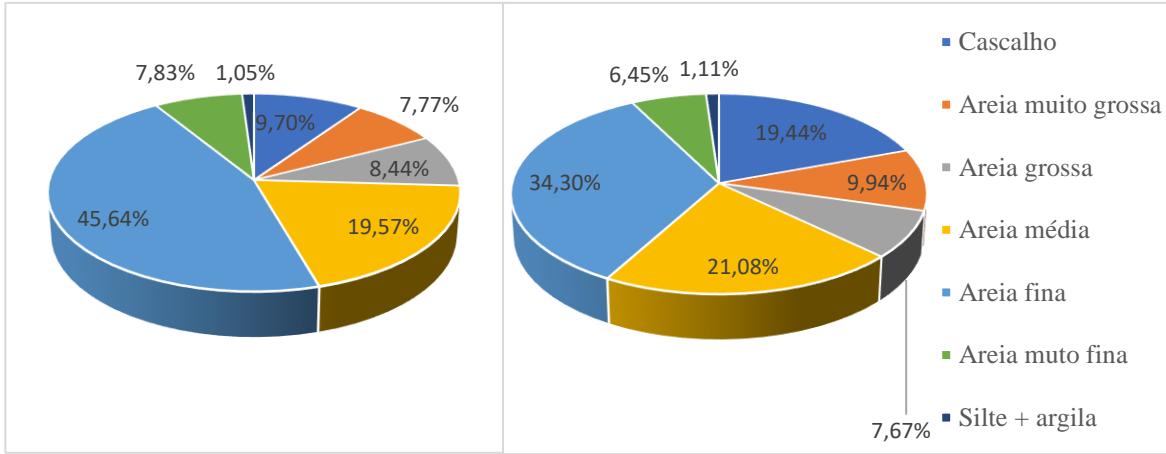


Figura 21 – Granulometria sedimento da nascente 2A (nascente em corredeira com fundo rochoso), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita)

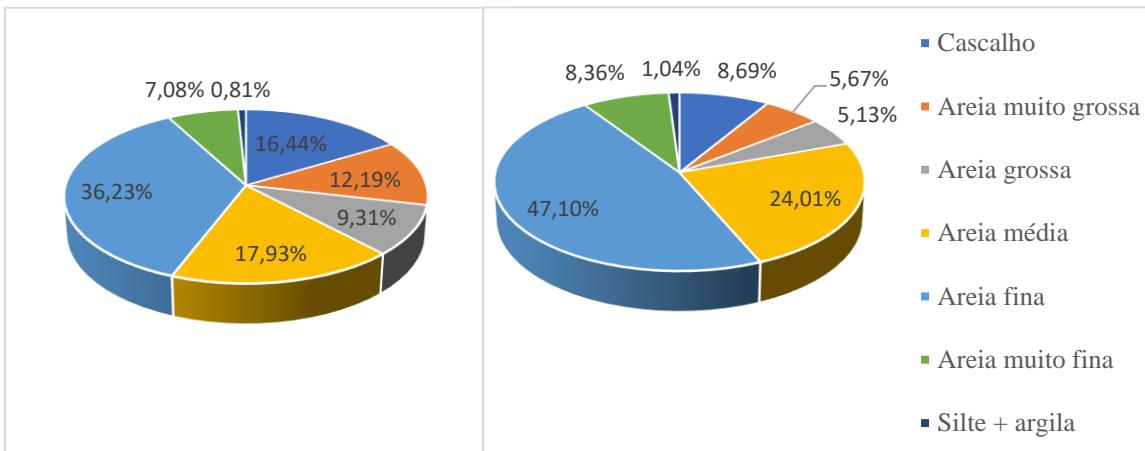


Figura 22 – Granulometria do sedimento da nascente 2B (vereda em corredeira), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita)

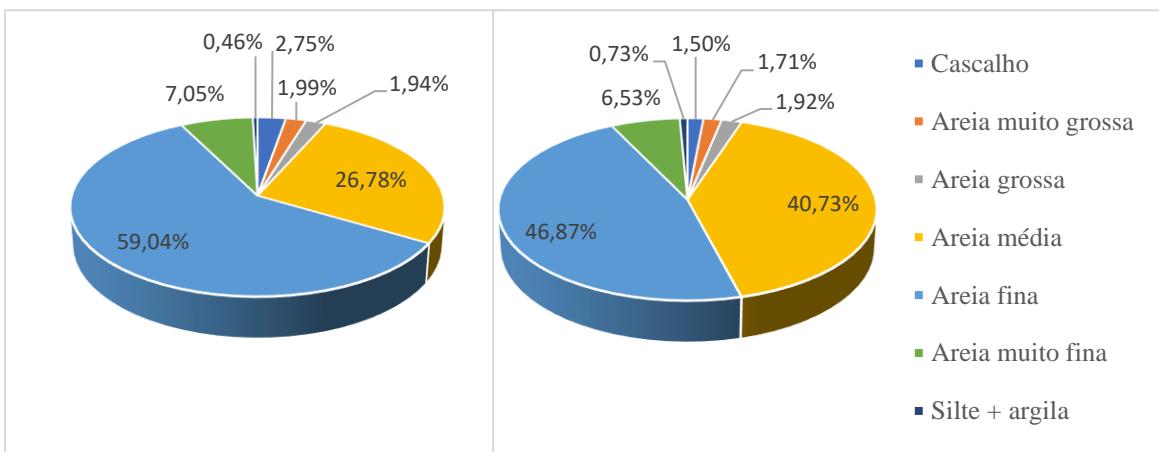
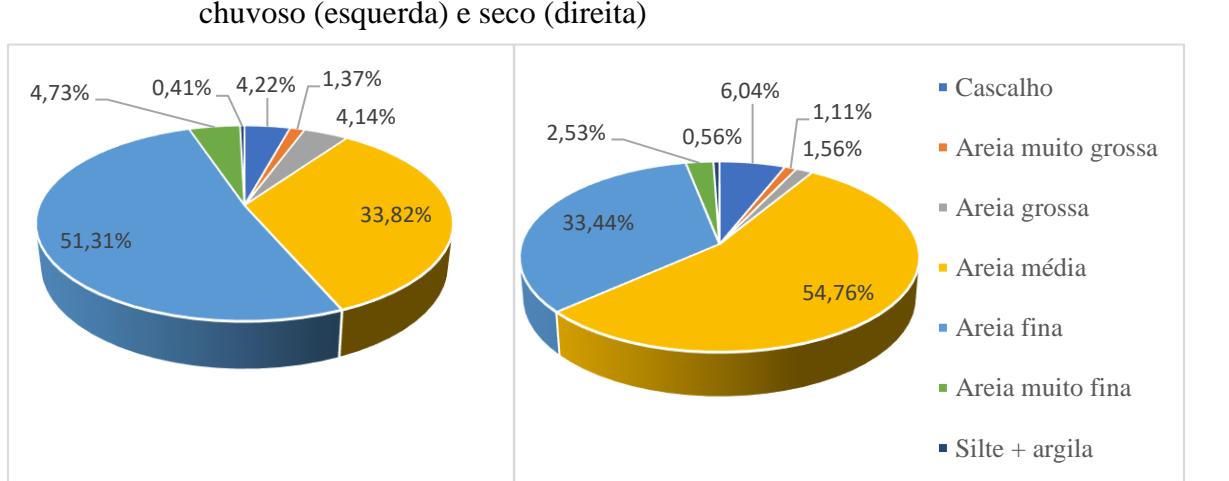
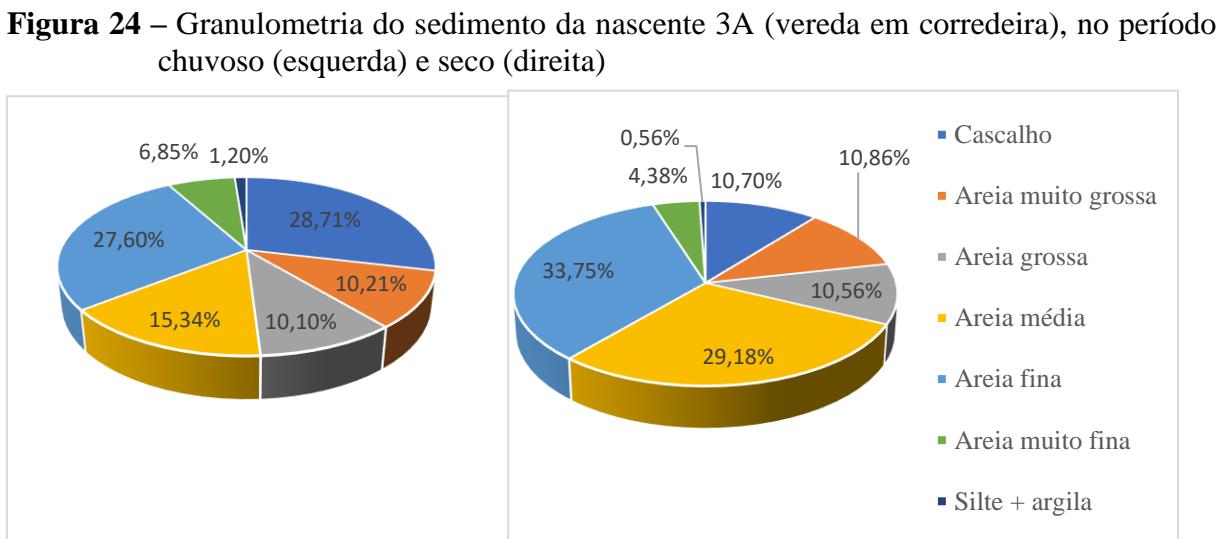
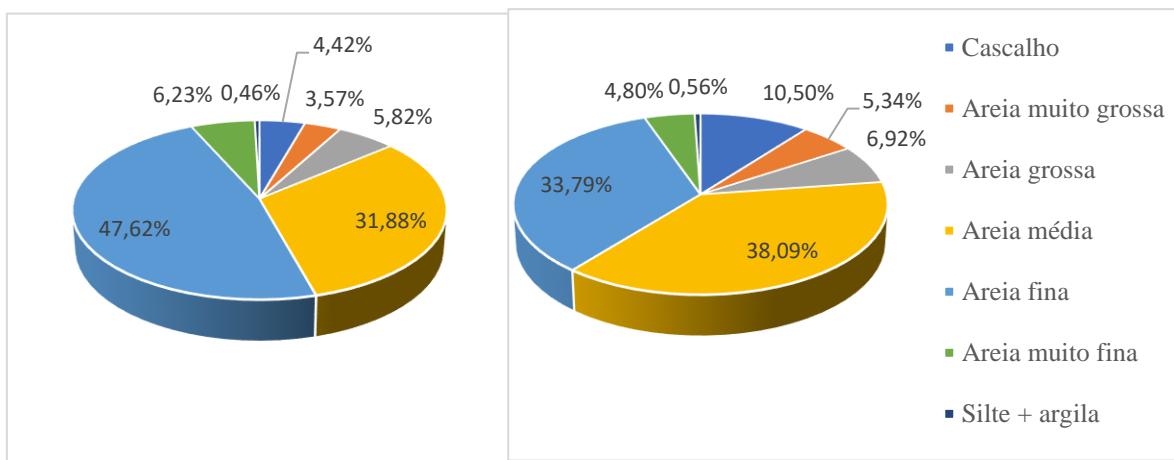


Figura 23 – Granulometria do sedimento da nascente 2C (vereda de acumulação), período chuvoso (esquerda) e seco (direita)



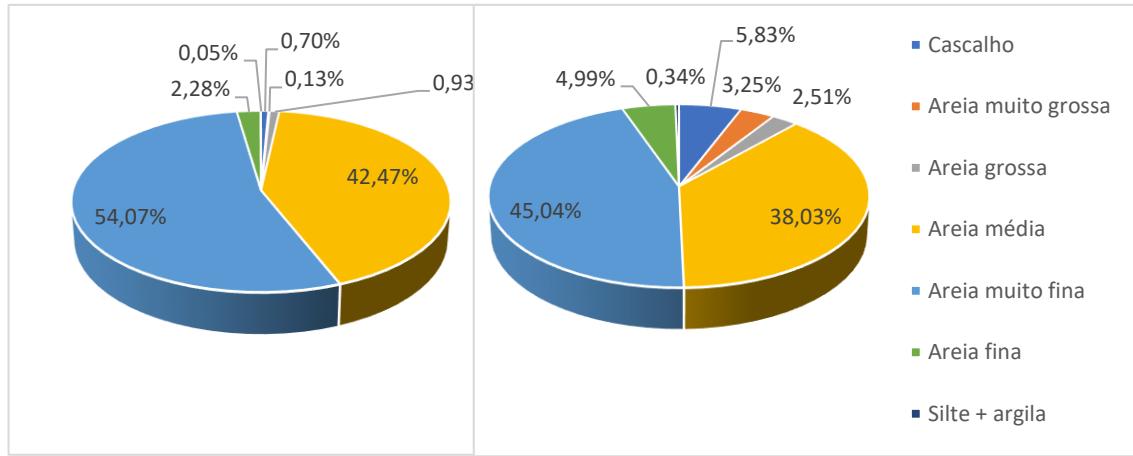


Figura 27 – Granulometria do sedimento da nascente 4A (nascente em corredeira com fundo rochoso), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita)

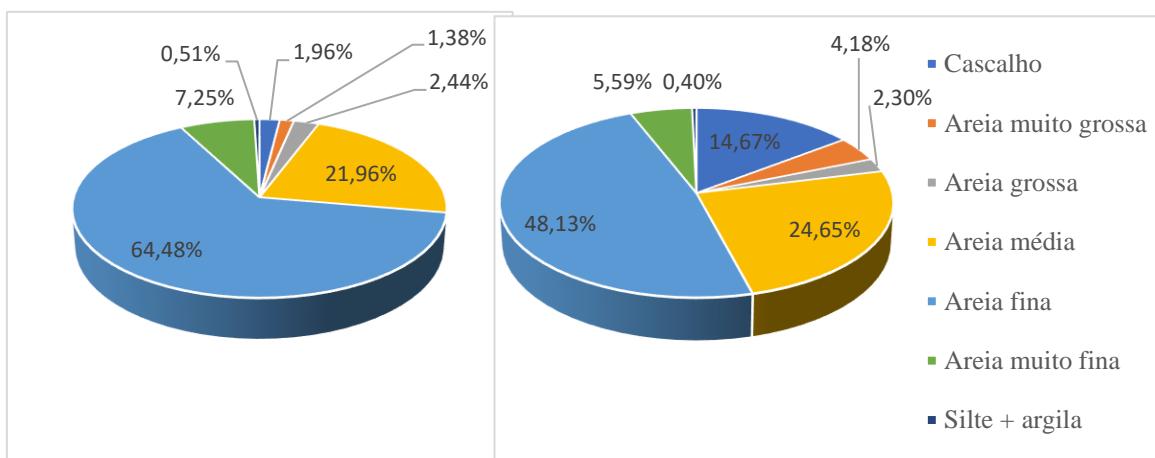


Figura 28 – Granulometria do sedimento da nascente 4B (nascente em corredeira com fundo rochoso), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita)

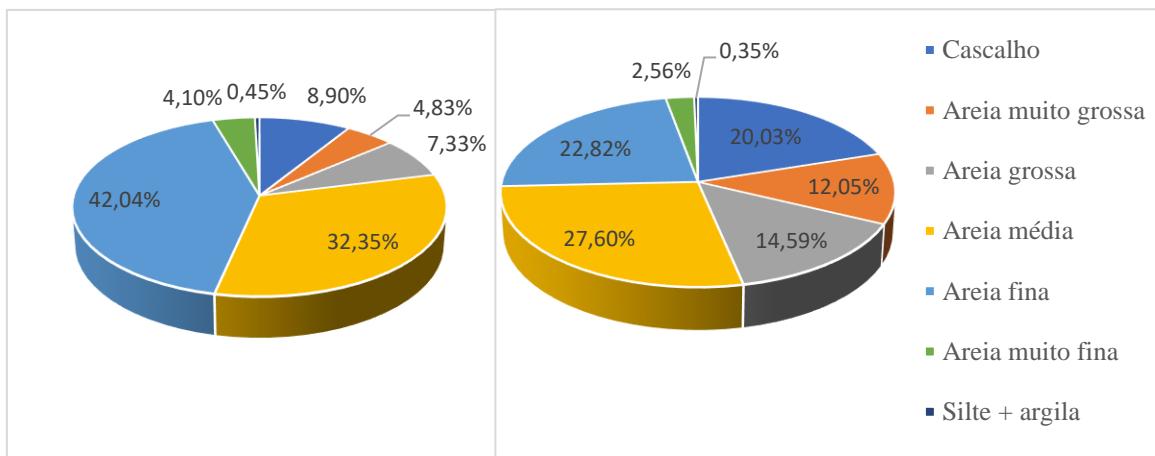


Figura 29 – Granulometria do sedimento da nascente 4C (nascente em corredeira com fundo rochoso), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita)

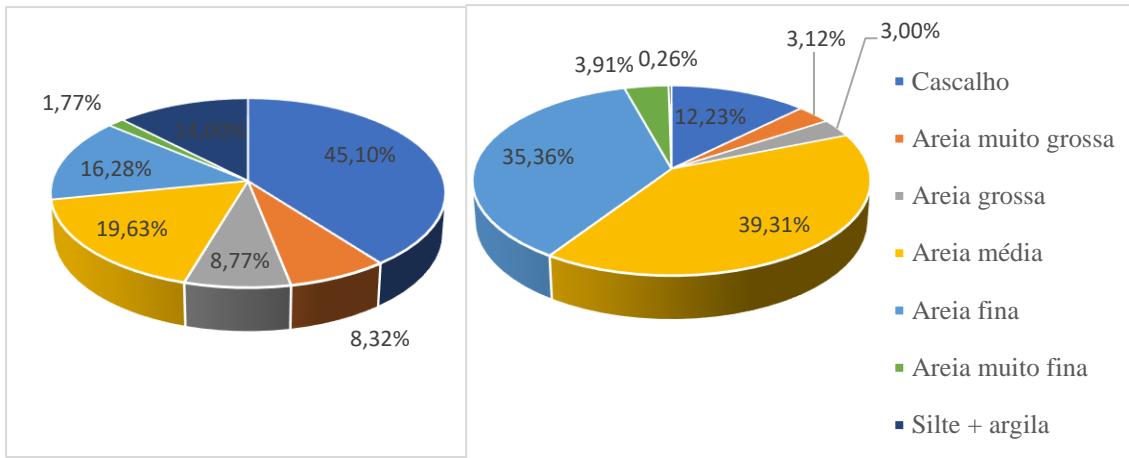


Figura 30 – Granulometria do sedimento da nascente 5A (nascente em corredeira com fundo rochoso), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita)

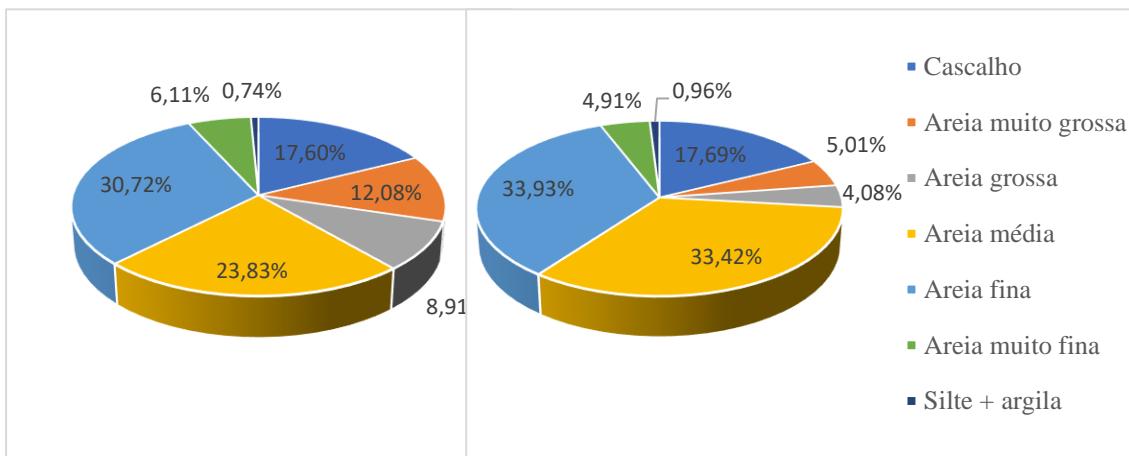


Figura 31 – Granulometria do sedimento da nascente 5B (vereda de acumulação), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita)

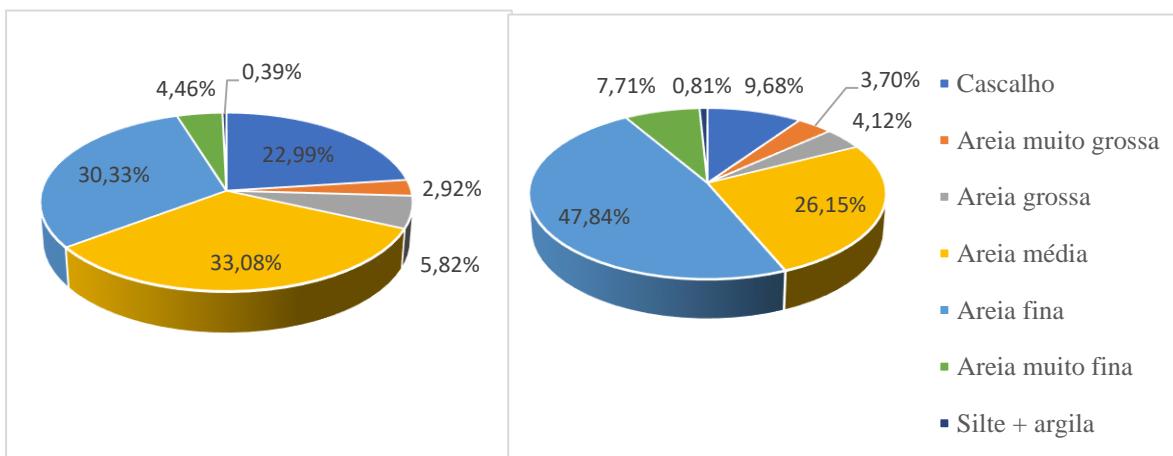


Figura 32 – Granulometria do sedimento da nascente 5C (nascente em corredeira com fundo rochoso), no período chuvoso (esquerda) e seco (direita)

3.4 CONCLUSÃO

Considerando sistemas perenes, com algum fluxo de água, foram identificados três tipos de nascentes na área de estudo, caracterizadas como: veredas com acumulação de água e baixa velocidade de corrente, veredas formando corredeiras e nascentes em corredeira com fundo rochoso e/ou sedimento depositado. Além da vazão e uma tendência de maior acúmulo de matéria orgânica, que separa o primeiro tipo das demais, a associação das características limnológicas com os tipos morfológicos precisa ser mais bem avaliada.

Nascentes em vereda de acumulação apresentaram as maiores porcentagem de matéria orgânica no sedimento. Esse dado pode ser um potencial indicador de preservação da vegetação ciliar nas nascentes. Entretanto, essa observação não concordou totalmente com o diagnóstico feito pelo PAR e o acúmulo de matéria orgânica deve estar mais relacionado com a baixa velocidade da correnteza nesses sistemas.

Grande parte das nascentes apresentaram contaminação microbiológica, com valores mais proeminentes no período chuvoso, isso possivelmente devido ao escoamento superficial da água da chuva que carregam os excrementos bovinos e outros resíduos para os cursos d'água, fato que indica atenção para manutenção das funções ecossistêmicas das APPs, com necessidade de proteção física para evitar o acesso do gado às nascentes.

Valores pontuais de condutividade elétrica e oxigênio dissolvido merecem atenção em ações de monitoramento, principalmente para as nascentes 1C, 2A, 2B, 4A e 5A. As nascentes na bacia do Ribeirão São José do Bebedouro não apresentaram alteração nessas variáveis. De maneira geral, os nutrientes apresentaram valores relativamente baixos, o que é uma característica que indica baixo impacto da agricultura na qualidade da água, já a grande variação da vazão e o acúmulo de sedimentos finos nas nascentes, indicam risco para a quantidade de água na região da Serrinha, seja pelo rebaixamento do nível freático e/ou pelo assoreamento das nascentes.

Considerando a escala de grandeza trabalhada, a influência dos tipos de uso da terra precisa ser mais bem avaliada, utilizando imagens com maior resolução para determinação mais acurada das porcentagens de uso e ocupação da terra.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23 ed. Washington: APHA, 2017.

BRASIL. **Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)**. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997.

BARCELOS, J. H.; LANDIM, P. M. B.; SUGUIO, K. Análise das sequências cretácicas do Triângulo Mineiro (MG) e suas correlações com as do Estado de São Paulo. In: Simpósio de Geologia Regional, 2, Curitiba, 1981. Anais...Curitiba, SBG, p. 90-102

BRASIL. **Resolução CONAMA 357**, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2005.

BRASIL. Lei nº11.598, de 03 de dezembro de 2007. Estabelece diretrizes e procedimentos para a simplificação e integração do processo de registro e legalização de empresários e de pessoas jurídicas, cria a Rede Nacional para a Simplificação do Registro e da Legalização de Empresas e Negócios -REDESIM; altera a Lei nº 8.934, de 18 de novembro de 1994; revoga dispositivos do Decreto-Lei nº 1.715, de 22 de novembro de 1979, e das Leis nºs 7.711, de 22 de dezembro de 1988, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.212, de 24 de julho de 1991, e 8.906, de 4 de julho de 1994; e dá outras providências. Brasília-DF: Presidência da República, Publicada no Diário Oficial da União de 04 dez. 2007

CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnológica Brasileira**, v. 34, p. 91-97, 2002.

CAMPOS, B. H. *et al.* The neglected tropical grasslands: first record of campo com murundus and its plant communities in the state of São Paulo, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 23, n. 1, e20221401, 2023.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Mineiros. **Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas**: relatório diagnóstico Sistema Aquífero Bauru–Caiuá no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte/MG, CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012.

CRUZ, V. C. *et al.* Diagnóstico e caracterização das nascentes de curso d'água na amazônia oriental. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA, Ariquemes**, v. 14, n. 2, p. 210-226, 2023.

DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY. The bacteriological examination of drinking water supplies. Methods for the examination of waters and associated materials. London: DHSS/HMSO, p. 122, 1982. (Report on Public Health and Medical Subjects, 71).

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciencia, 226p, 1998.

FIRMIANO, K. R.; CASTRO, D. M. P.; LINARES, M. S.; CALLISTO, M. Functional responses of aquatic invertebrates to anthropogenic stressors in riparian zones of Neotropical savanna streams. **Science of the Total Environment**, v. 753, 141865, 2021.

GOLTEMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analisys of freshwater**. Oxford: BlackwellScientific Publications, 1978.

GOMES DE SOUSA, D. M. **Bioma Cerrado**: Características gerais, EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Parque Estação Biológica - PqEB, s/nº, Brasília, DF, 2021.

INCHAUSPE, J. A. F. **Abordagem ecossistêmica no contexto da saúde. Revista de Saúde Dom Alberto**, Santa Cruz do Sul, v. 3, n. 2, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **IBGE Cidades**: Frutal. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **População Estimativa**, 2020.

KOROLEFF, F. **Determination of nutrients**. In: Grashof, E.; Kremling E. (eds). *Methods of seawater analysis*. New York: Verlag Chemie Wenhein, 1976, 117-181.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomass–Coleção 3.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. 2023. Disponível em:
http://mapbiomas.org/pages/database/mapbiomas_collection. Acesso em: 1 jun. 2023

ODUM, E. P. **Fundamentos de ecologia**. 4. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1988., 927 p,1988.

OLIVEIRA, A. S.; SILVA, A. M.; MELLO, C. R. Dinâmica da água em áreas de recarga de nascentes em dois ambientes na região Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 1, p. 59-67, 2020.

PANARELLI, E. A.; VIDOTE, S. O.; FUZZO, E. F. S.; CARRILLO, A. D. D.; ANTÓNIO, P. I., MILLAN, R. N. Disponibilidade de água em nascentes do Cerrado: relações com uso da terra e morfometria de bacia hidrográfica. **Rev. Caminhos de Geografia**, v. 26, n. 103, 2025, p. 186-200. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG2610374493>

PIMENTA, S. M.; BOAVENTURA, G.; PEÑA, A. P.; RIBEIRO, T. G. Estudo da qualidade da água por meio de bioindicadores bentônicos em córregos da área rural e urbana. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 11, n. 1, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1672>

SUGUIO, K. **Introdução a sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blucher: EDUSP, 1973.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**. v. 1, n. 4, p. 67-76, 2010.

VANNOTE, R. L *et al.* The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, p. 130-137, 1980. DOI: <https://doi.org/10.1139/f80-017>.

VASCONCELOS, M. B; CAJAZEIRAS, C. C; SOUSA, R. R. **Aplicação da condutividade elétrica da água nos estudos hidrogeológicos da região nordeste do Brasil.** In: XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS (ISSN 2318-0358), Anais eletrônicos (...), 2019.

WETZEL, G. R. **Limnology:** Lake and river ecosystems. 3 ed. San Diego, California, 2001. 1006.p,

CAPÍTULO 4 – NASCENTES DO CERRADO COMO TEMA PARA EDUCAÇÃO AMBIENTAL: CONSTRUÇÃO DE UMA CARTILHA

(Esse capítulo será submetido à seção de relatos da Revista Brasileira de Educação Ambiental, os autores dos relatos fazem parte do corpo de autores do manuscrito)

RESUMO

O presente estudo buscou verificar a adequação de material paradidático (cartilha) para Educação Ambiental voltada para nascentes da Serrinha, ecossistemas inseridos no Cerrado do Triângulo Mineiro. A cartilha é direcionada ao ensino de jovens e adultos (EJA), buscando também alcançar o produtor rural. O conteúdo da cartilha foi elaborado com dados obtidos em pesquisa científica e a adequação da linguagem contou com colaboração de duas professoras do EJA. A avaliação da cartilha foi feita com análise de relatos elaborados pela professora e pelos pesquisadores durante realização de aula. Os relatos indicaram que o conteúdo abordado na cartilha é adequado para o ensino fundamental, promovendo estímulo à leitura de mundo e problematização seguida de reelaboração de conteúdos que combinaram a vivência dos estudantes com temas abordados nos livros didáticos utilizados no curso.

Palavras-chave: Material paradidático. Qualidade de nascentes. Educação Ambiental para jovens e adultos

4.1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é conhecido atualmente pela sua rica biodiversidade e carrega o título de “berço das águas” no país (Latrubesse *et al.*, 2019). Entretanto, o Cerrado foi considerado como uma região de baixa diversidade, associado a um solo pobre, com ocupação agrícola intensificada após a “revolução verde” que, de acordo com Néspoli (2022, p. 502), “teve como consequências o aumento da concentração da terra, a degradação do solo, o desmatamento, poluição e destruição do meio ambiente, envenenamento das águas...”.

Atualmente, o Cerrado da região do Triângulo Mineiro se destaca como uma região produtiva do agronegócio. Especificamente o município de Frutal, com a 85^a posição na produção agrícola em 2023 (MAPA, 2024), as pastagens nos últimos anos estão sendo substituídas por monocultura, especialmente pela cana-de açúcar (Pinto Pereira *et al.*, 2017). A produção agrícola tem intensificado a demanda por água, levando à maior exploração dos recursos hídricos e agravando a escassez hídrica na região. Honda e Durigan (2017) alertam que práticas inadequadas de manejo na agricultura e pecuária promovem a compactação do solo, reduzindo a infiltração e a recarga das águas subterrâneas, causando picos de vazão e até

mesmo inundações durante a estação chuvosa.

Considerando a interferência no ciclo da água em uma perspectiva climatológica, o uso intensivo da terra tem contribuído para as mudanças climáticas no Cerrado com aumento da temperatura associado à redução da umidade, impactando negativamente a precipitação, levando à expansão e intensificação da estação de seca (Hofmann *et al.*, 2023). Essa transição tem gerado consequências significativas para os recursos hídricos superficiais, que estão sendo degradados a um ritmo alarmante.

A disponibilidade das águas superficiais, assim como das águas subterrâneas, é influenciada por processos de recarga determinados por fatores climáticos, fatores físicos do ambiente e o uso da terra (Moeck *et al.*, 2020). Assim sendo, os fatores que impactam a disponibilidade hídrica das nascentes provavelmente repercutirão na oferta de reservas subterrâneas. O comprometimento de aquíferos confinados torna-se ainda mais preocupante, pois o tempo reposição desses sistemas pode atingir milhares de anos (Ezaki *et al.*, 2020).

Levando em consideração o uso preponderante da água na produção agrícola, e a grande importância desse setor na região do Triângulo Mineiro, os proprietários de terras e trabalhadores rurais precisam compreender os impactos que as atividades agropecuárias causam sobre os recursos hídricos. Nessa perspectiva, o agronegócio, segundo Gomes (2019), exerce uma influência negativa sobre o meio ambiente no Brasil, pois a crescente produção em larga escala, principalmente de monoculturas, leva à remoção da vegetação nativa, essenciais para a preservação das nascentes, que são fontes de água doce importantes para as comunidades locais.

O agronegócio ao mesmo tempo que degrada, projeta uma imagem positiva com *slogans* como “o agro é pop” e “o agro é tudo”, embora suas alegações sobre combate à fome e geração de empregos sejam questionadas (Fernandes; Padilha, 2020). Além disso, a narrativa do agronegócio muitas vezes ignora os impactos ambientais e sociais negativos que promovem, a fim de manter uma boa imagem, cooptando a agricultura familiar consolidada e a classe média rural a agir com os mesmos princípios, mesmo sendo esses afetados negativamente pela degradação que promovem em suas terras.

Severo (2023), na análise das dinâmicas de poder e cooptação no contexto rural, discute como o modelo agrário hegemônico do agronegócio consegue persuadir outros setores do campo. No entanto, quando a agricultura familiar e de classe média rural estão fixadas no local, elas sofrem com as consequências da degradação em suas propriedades. Nesse contexto, é importante que a Educação Ambiental não apenas divulgue práticas ambientalmente

sustentáveis, mas busque a transformação de consciência dos pequenos e médios produtores rurais sobre a dinâmica ecológica existente em suas propriedades. Esse conhecimento pode ser favorável ao uso sustentável dos recursos, evitando práticas que são lucrativas para os setores do agronegócio que arrendam as terras e não se preocupam com a sustentabilidade das propriedades rurais a longo prazo.

De acordo com Castro (2017), com o arrendamento nas proximidades das plantações de cana-de-açúcar, sorgo, soja e outros cultivos que formam uma “imensidão contínua das plantações”, ao longo do tempo os agricultores do setor familiar percebem que perdem o lugar de trabalho, de moradia, de cidadania, de vida para suas famílias. Assim, é fundamental promover uma educação que estimule a reflexão, a problematização da realidade e a participação ativa na construção de uma agricultura sustentável, onde o sujeito é visto como um agente ativo na transformação social e ambiental (Ceccon, 2014).

A Educação Ambiental baseada em princípios freirianos abre caminhos para a conscientização, visando capacitar os aprendizes para compreenderem criticamente as interações entre sociedade, natureza e sustentabilidade. De acordo com Ceccon (2014), o olhar atento para a paisagem mais próxima, motivado pelos estudos e reflexões realizados, pode imprimir novos significados para o ambiente onde se vive.

Nesse sentido, o presente estudo propõe a avaliação da adequação de uma cartilha “Nascentes da Serrinha”, construída com dados de conhecimentos científicos produzidos regionalmente, para colaborar com a Educação Ambiental (formal e não formal). A cartilha apresenta diferentes tipos de nascente, suas condições limnológicas e características da paisagem, buscando contribuir para o letramento científico e possibilitar um diagnóstico da situação de preservação e ações de recuperação ambiental em um ambiente vivido pelos moradores do Triângulo Mineiro.

O presente estudo buscou estabelecer caminhos para verificar a adequação de divulgação científica, no formato de material paradidático (cartilha), direcionada ao ensino de jovens e adultos do ensino fundamental (EJA), considerando o nível de escolaridade predominante da população rural de Frutal e região de acordo com o IBGE (2016).

4.2 METODOLOGIA

4.2.1 Elaboração da cartilha

A cartilha (disponível no link <https://editorarima.com.br/wp-content/uploads/2025/07/Cartilha-Nascentes-da-Serrinha.pdf>) foi elaborada buscando promover a integração da ciência na educação formal e não formal por meio da Educação Ambiental, enfocando o conhecimento sobre as nascentes do Cerrado, especificamente as nascentes da Serrinha, localizada no município de Frutal-MG.

A cartilha aqui tratada foi elaborada após acompanhamento de trabalhos de campo e laboratório, que gerou dados sobre tipologia de nascentes da Serrinha e caracterização de variáveis ambientais dessas nascentes, localizadas em paisagens dos Domínios dos Cerrados do Triângulo Mineiro.

Juntamente com a caracterização ecológica e dos fatores antrópicos que interferem na saúde dos ecossistemas das nascentes, buscou-se a construção de material paradidático que oferecesse componentes reais das paisagens rurais do Cerrado do Triângulo Mineiro, incrementadas com explicações científicas em linguagem acessível e, quando necessário, imagens e explicações de termos técnicos.

Para a confecção da cartilha foram selecionados resultados representativos das condições físicas, químicas e microbiológicas das nascentes, priorizando os resultados com representação visual, obtidos por fotografia e/ou esquematizados. Gráficos também foram utilizados para representação de algumas variáveis, com o objetivo de incentivar o letramento científico.

A cartilha foi pensada para atingir a população do campo que está em contato direto com as nascentes dos rios. Dessa forma, para verificar o potencial do conteúdo da cartilha em atingir a compreensão do trabalhador do campo, buscou-se saber qual o nível predominante de instrução desse público na região, assim, o censo agropecuário mostrou a predominância do ensino fundamental incompleto para o produtor rural em Frutal-MG (IBGE, 2016).

4.2.2 Avaliação da cartilha

O procedimento metodológico para avaliação do conteúdo da cartilha começou a ser delineado com o convite às professoras do ensino fundamental “Educação de Jovens e Adultos” (EJA) da Escola Municipal Vicente de Paulo para compor a equipe desse estudo. As professoras indicaram a coleção de livros didáticos “Educação Fundamental: Educação de Jovens e Adultos” de autoria de Virginia Aoki (6º, 7º, 8º e 9º anos) para leitura de material usado na escola. A leitura desse material forneceu suporte para verificar quais conteúdos correlatos

poderiam ser complementados com material paradidático, esses incorporados formando o quarto tópico da cartilha.

Duas professoras da EJA fizeram a leitura do material e indicaram aperfeiçoamento com inclusão de glossário e incremento de imagens, também participaram da decisão para ações futuras: aula teórica ministrada por uma das professoras da EJA; atividade prática coordenada pelos pesquisadores e questionamento final com discussão para verificar o que foi apreendido pelos estudantes. Posteriormente, ficou decidido que a avaliação da adequação do conteúdo da cartilha seria feita por observação e relatos feitos pela professora ministrante e por observadores que integram o presente estudo.

Apenas uma das professoras (licenciada em geografia e história) participou ativamente no preparo e aplicação do conteúdo em sala de aula. Essa etapa foi considerada como pré-análise, quando foram tomadas as decisões para realização da avaliação do material. De acordo com Bardin (1977), a primeira fase da análise de conteúdo é composta pela organização e seleção do material a ser analisado e estabelecimento de diretrizes, objetivos e formulação de indicadores que direcionam o plano de análise.

A aula com o conteúdo da cartilha foi aplicada pela referida professora e acompanhada por outra professora e mais três pesquisadores do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), que realizaram ao final da aula teórica, uma demonstração prática dos procedimentos de obtenção de granulometria do sedimento e das variáveis físicas e químicas da água medidas com sonda com sensores multiparâmetros.

As professoras e os pesquisadores organizaram relatos individuais sobre a experiência com os estudantes. Os relatos buscaram responder a seguinte questão: O conteúdo da cartilha é adequado para o ensino fundamental? Ressalta-se que essa pergunta foi elaborada pensando um público específico: estudantes do ensino fundamental da EJA do município situado em ambiente de Cerrado, que tem como base econômica a produção rural.

Os relatos foram reunidos e submetidos à análise, buscando informações comuns e complementares para compor a fase chamada de “exploração do material”, de acordo com a metodologia proposta por Bardin (1977). Entretanto essa fase foi adaptada, nesse caso a composição do relato da experiência não se enquadrou no estabelecimento de categorias e códigos como aconselhado pela autora, essa adaptação foi necessária por ser o material explorado pouco extenso. Assim o relato aqui apresentado como resultado foi montado com o

conjunto de informações contidas nos quatro relatos. A terceira fase, de acordo com a mesma autora, é aquela da interpretação e inferência. Nesta fase buscou-se verificar a relação do que foi observado na aula com conceitos freirianos voltados para a leitura de mundo; problematização do mundo, com tema relacionado às nascentes e aos usos dos recursos hídricos, juntamente com às perspectivas de transformação (conforme Freire, 1992), considerando a preservação/recuperação ambiental das nascentes.

O estudo assume Paulo Freire como referência teórica sabendo que o autor não escreveu especificamente sobre educação ambiental, entretanto, tornou-se uma referência teórica da Educação Ambiental Crítica, pois em várias passagens de suas obras encontram-se contribuições relacionadas à educação ambiental comprometida com a transformação das pessoas e do mundo (Ceccon, 2021).

O texto a seguir foi integralmente baseado nas observações feitas nos relatos, com citações de conceitos e interpretações discutidas com apoio da literatura pertinente.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Relato: desenvolvimento do trabalho junto a EJA

A aula para verificar adequação do conteúdo da cartilha contou com a participação de uma turma com aproximadamente 20 estudantes do ensino fundamental, a grande maioria com idade superior a 40 anos, sendo apenas três adolescentes, parte desses estudantes cresceu ou trabalha(ou) em ambientes rurais. A realização da aula está ilustrada a seguir (Figura 1).

A professora mostrou-se familiarizada com o material da cartilha, abordando corretamente os termos técnicos, técnicas de amostragens e interpretação dos gráficos, acrescentando termos populares que facilitaram o diálogo com os estudantes. O capítulo 1 da cartilha não foi tratado em aula, pois contém apresentação para o educador que pretende utilizar a cartilha.

Ao tratar sobre o conteúdo do capítulo 2 “Como foi elaborada a cartilha” a professora relacionou o tema central da aula com conteúdo vistos pelos estudantes na disciplina de Geografia. Caracterizou a Serrinha como ambiente que absorve a água da chuva para as nascentes e perguntou se os estudantes conheciam a Serrinha, alguns conheciam e outros puderam identificar quando foi explicado que era a região mais elevada e que fazia divisa entre os municípios de Frutal e Comendador Gomes.



Figura 1 – Dois momentos da aula teórica: apresentação de conteúdo com imagens (à esquerda) e discussão do conteúdo (à direita) (Fotos: autores).

Os estudantes associaram a Serrinha como local de rotineiros acidentes de trânsito, mas desconheciam a importância do relevo como divisor de águas entre bacias hidrográficas.

Para a localização das nascentes a professora explicou a importância das imagens de satélite, ferramenta conhecida teoricamente pela turma, e mostrou a imagem do Córrego São José do Bebedouro (“Bebedouro”), que alguns conheciam e explicaram para os demais estudantes onde era a sua passagem mais próxima da cidade.

Foi perguntado aos estudantes se conheciam nascentes na região, muitos responderam que sim e associaram aos termos “olho d’água”, “mina d’água” e “fonte”. Esses termos foram posteriormente incorporados em notas de rodapé na cartilha.

Quando a Serrinha e o Córrego “Bebedouro” foram abordados, notou-se a familiaridade com os locais. Os rios principais, representantes das demais bacias hidrográficas apresentadas no estudo, também eram conhecidos por diversos estudantes. Houve questionamento de um estudante que pensava que o São Francisco, que nasce em Minas e se estende para a região nordeste do país, era o mesmo que divide os municípios de Frutal e Planura. A professora esclareceu que ambos são distintos e seguem caminhos diferentes. Com o reconhecimento dos rios durante a aula e demais observações e questionamentos, que surgiram do local de vivência dos estudantes com os cursos d’água, notou-se que a cartilha passou a estimular a “leitura de mundo”.

A professora explicou como foi realizada a coleta, quantas nascentes foram amostradas

e quais variáveis amostradas em cada ambiente, representando em fotografias e destacando que é preciso levantar dados relevantes e verdadeiros para a caracterização da qualidade da água das nascentes. Assim, o letramento científico foi sendo tratado de forma demonstrativa, com a utilização de conhecimento prévio dos estudantes sobre as variáveis apresentadas na cartilha, “a ciência é uma linguagem que permite aos alunos lerem de uma forma crítica o mundo em que vivem” (Bertoldi, 2020, p.13).

O letramento científico permite que os moradores e trabalhadores rurais colaborem para o monitoramento ambiental, quando reconhecem características de mudanças ligadas à saúde ambiental. Barbosa e Sabonaro (2025), afirmam que é preciso encontrar formas adequadas para medir e analisar os indicadores de alterações ambientais, para prevenir os riscos e impactos que podem gerar aos seres vivos. No caso das características ligadas às nascentes tratadas na cartilha, é possível notar importante conhecimento prévio dos estudantes da EJA sobre características que podem ser utilizadas no reconhecimento da qualidade das nascentes, tanto em termos de caracterização da qualidade de água das nascentes, como em termos de quantidade.

O termo vazão foi rapidamente associado à quantidade de água no córrego. Quando explicado os fatores que compõem a estimativa dessa variável: velocidade da correnteza, largura e profundidade do córrego, utilizando imagem e fórmula matemática. Os estudantes associaram profundidade à “fundura” e demonstraram entendimento sobre a forma de obter esses dados. Foi explicada a forma de amostragem das demais variáveis, porém a discussão sobre essas variáveis foi aprofundada na apresentação dos resultados.

Para começar a falar sobre os resultados do estudo, capítulo 3 da cartilha “O que de fato já sabemos sobre as nascentes da Serrinha” foram utilizadas três fotografias com tipos de nascentes em condições próximas ao natural: Nascentes em corredeira com fundo rochoso dentro de mata galeria, veredas formando corredeiras com vegetação campestre de gramíneas e veredas com acumulação de água e fluxo baixo.

A caracterização dos tipos de nascentes foi em grande parte compreendida. A explicação tratou sobre o tipo de fundo dos córregos (rochoso ou com acúmulo de sedimentos), mata ciliar, mata galeria e veredas. O único termo pouco conhecido pelos estudantes foi “veredas”, porém, quando a professora informou que o ambiente estava associado a presença de buritis, foram indicadas diversas localidades com tais ambientes no município de Frutal, sempre associados com áreas alagadas, “fácil de ficar atolado no barro”. Cada tipo de nascente foi caracterizado

com base na cartilha, os estudantes informaram que conheciam aquele tipo de lugar, pela vivência na região, na infância ou no trabalho, mas que só notaram as diferenças entre elas após a explicação e visualização das imagens na aula. Nesse sentido, pode-se considerar que a cartilha busca tratar dos recursos hídricos da Serrinha em uma realidade local em diálogo com o saber científico, como observado por Cavalcante; Ribeiro (2024) para a realização da “Educação Contextualizada com a Ciência numa perspectiva da Educação Ambiental Crítica”.

A realidade local, frente a problematização associada a leitura de mundo, pôde ser claramente observada nos resultados cartográficos para o uso da terra no entorno das nascentes, com os cultivos típicos da região, perímetro urbano e vegetação nativa. Após a apresentação da carta de uso da terra da primeira bacia, ficou clara a capacidade de interpretação das próximas cartas, com a utilização da ocupação da terra da região que é familiar aos estudantes: cana-de-açúcar, laranja, pasto, lavoura... foram os usos caracterizados pelos estudantes. Pode-se notar aqui o mundo como mediatizador do conhecimento, de acordo com a concepção freiriana caracterizada por Dickmann e Carneiro (2021), sendo o conhecimento local a base para a leitura cartográfica.

Grande parte dos estudantes se colocou criticamente sobre o papel das usinas na produção da cana-de-açúcar e demais propriedades que não atendem a legislação referente às Áreas de Proteção Permanente (APP) no entorno das nascentes e dos rios. Isso gerou certa tensão com contraposição de um estudante específico, em defesa da empresa que trabalha (usina de álcool e açúcar local). O estudante explicou que a usina respeita as APPs e realiza manejo de solo com curvas de nível para evitar erosão. Entretanto, outros estudantes discordaram dessa afirmação. A problematização sobre esse tema gerou discussão intermediada pela professora.

Na sequência da aula, discutiu-se o assoreamento dos cursos d’água, termo bem compreendido pelos estudantes, não apenas na perspectiva do seu significado, mas também sobre as causas que levam a esse impacto. Foram citados pelos estudantes o desmatamento, principalmente nas margens de nascentes e rios, além do pisoteio do gado, que bebe água nas nascentes como as causas da erosão e assoreamento. Um estudante citou que há dez anos uma “mina” que ele conhece parou de ter água, na sequência outro estudante ressaltou o prejuízo que a atividade pecuária causa às nascentes, quando essa é o bebedouro direto do gado. Os estudantes elencaram problemas como o “pisoteio” deixando o solo mais compactado, com formação de “trilhos” que direcionam a entrada de “terra” no rio.

A professora retomou a importância da vegetação nas margens das nascentes e rios para

proteger contra o efeito das “enxurradas”, apresentando duas imagens escolhidas por ela, que não estavam na cartilha, para ilustrar um rio assoreado e um esquema com as larguras para diferentes regiões de APP. A palavra enxurrada foi inserida na cartilha, como uma das formas que se caracteriza grandes volumes de água que geram enchentes, além de inserção de fotografia de uma nascente assoreada em uma das bacias de estudo e um esquema com largura de APP em nascente e rio de primeira ordem, utilizando imagem do *Google Earth*.

Ao abordar o tema assoreamento, suas causas e as principais atividades que causam impactos, identificando tais atividades nas cartas de uso da terra, foi possível caracterizar novamente a problematização junto a leitura de mundo, utilizando as nascentes como tema de estudo complementar sobre recursos hídricos, associado ao uso e ocupação da terra. Entretanto, o aspecto transformador da cartilha ainda não pode ser trabalhado, pois nessa dimensão da Educação Ambiental seria preciso tempo considerável de trabalho junto a pequenos e médios proprietários rurais, para que o entendimento da conservação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos representassem de fato mudança de atitude frente às questões ambientais, como discutido por Loureiro (2009).

As variáveis físicas e químicas da água tratadas na aula também já habitavam o conhecimento imaginário da turma. O oxigênio dissolvido foi associado à uma substância necessária à vida dos organismos que vivem na água das nascentes “sem oxigênio não há vida”, pH foi associado a “algo ácido” e turbidez traduzida para o conhecimento regional como algo “turvo”.

Os resultados das médias das variáveis acima citadas foram apresentados na forma de gráfico, com os dados organizados por bacia e entre período seco e chuvoso, estimulando a comparação entre os dois períodos do ano.

As características dos sedimentos foram apresentadas na forma de fotografia, comparando condição de ambiente com mata ciliar preservada e ambiente com as margens ocupada por pastagem. A composição do sedimento foi entendida facilmente, inicialmente os estudantes não conheciam as características do sedimento e sua associação com o impacto antrópico. Após a explicação, interpretaram com facilidade os gráficos de granulometria do sedimento e seu significado relacionado à conservação e impacto nos diferentes sistemas apresentados.

Outro assunto tratado foi a contaminação microbiológica abordada na cartilha, com a quantificação de coliformes termotolerantes, especificamente a *Escherichia coli*. A professora

fez a explicação técnica do que era essa bactéria e como se faz a quantificação dessa variável. Interpretada de forma mais abstrata, a turma ficou alvoroçada com as brincadeiras feitas com o nome de difícil pronúncia. A *E. coli* virou “Nicolí” na forma irônica que foi tratada a dificuldade com o nome, mas sem perder o foco no entendimento de que a presença em densidade elevada desse organismo é decorrente de contaminação, principalmente por fezes de gado devido ao acesso dos animais nas áreas que deveriam estar preservadas e cercadas, com consequências negativas para a saúde humana.

Após a aula teórica foi feita demonstração de obtenção de variáveis físicas e químicas, com a sonda multiparâmetros, e separação das frações de sedimento, com as peneiras utilizadas para análise granulométrica, essa prática está ilustrada na figura 2. Na sequência foi trabalhado um questionário de forma oral, porém esse sem muito efeito, pois o conteúdo já havia sido bem explorado na discussão realizada na aula teórica.



Figura 2 – Demonstração de técnicas para obtenção de variáveis limnológicas utilizadas na construção da cartilha

4.4 CONCLUSÕES

Por trabalhar exemplos ligados à vivência dos estudantes, juntamente com linguagem acessível e estímulo adequado da professora durante a aula, foi possível notar que conteúdos vistos previamente foram ganhando novos significados no entendimento da turma, através de uma leitura de mundo trazida pelos estudantes, quando identificaram as imagens como familiares, com posterior problematização baseada na vivência e no conteúdo das aulas de geografia. Aqui cabe ressaltar que os livros didáticos utilizado pela EJA do ensino municipal de Frutal não abordam sistemas de nascentes e a estrutura dos recursos hídricos no Cerrado.

Em sala de aula surgiu a primeira impressão da cartilha como um material paradidático que possibilita o envolvimento dos estudantes, oferecendo exemplos com dados científicos acessíveis ao nível fundamental, proporcionando um diálogo entre o conteúdo abstrato do livro didático e os saberes dos estudantes que já vivenciaram a proximidade com nascentes da zona rural do Triângulo Mineiro. Percebeu-se uma sinergia resultante do conhecimento prévio visto teoricamente e o estímulo para associação com o mundo experimentado pelos estudantes, gerando uma forma participativa de interagir com conhecimento associado à percepção sobre a necessidade de conservação das nascentes da região.

A aula baseada na cartilha apresentou diversas observações positivas junto a turma da EJA. Entretanto, para que o conteúdo de Educação Ambiental tratado aqui seja de fato transformador, é preciso atingir amplamente os pequenos e médios proprietários rurais de forma a produzir ação de recuperação ambiental das nascentes da Serrinha. Mesmo entendendo que o tema despertou interesse na forma como foi organizada a cartilha, a interação educadora-educando pareceu essencial para a boa compreensão do conteúdo e a interlocução com o conteúdo já visto, dessa forma as observações aqui relatadas ainda são restritas a Educação Ambiental trabalhada no ensino formal.

REFERÊNCIAS

AOKI, V. **Educação Fundamental**: Educação de Jovens e Adultos, 1. ed, São Paulo, SP, Edt Moderna, 2013.

BARBOSA, M. A; SABONARO, D. Z. Tecnologias de monitoramento aplicadas na educação ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental** (Revbea), São Paulo, v.20, n.1, p.

225-243, 2025.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa edições 70, 1977.

BERTOLDI, A. **Alfabetização científica versus letramento científico**: um problema de denominação ou um problema conceitual? *Revista Brasileira de Educação*, v. 25, 2020.

CASTRO, L. F. P. Dimensões e lógicas do arrendamento rural na agricultura familiar: um estudo de caso. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, n. 2, 2017, p. 437-457, DOI: <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2017v10n2p437-457>.

CAVALCANTE, M. R. B; RIBEIRO, M. A. P. A educação ambiental critica, interfaces com a educação contextualizada do campo. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (Revbea)**, São Paulo, v. 19, n. 9, p. 106-125, 2024.

CECCON, S. Z. Educação ambiental em diálogo com os princípios político pedagógicos de Paulo Freire Uma experiência de educação que promove a cidadania planetária. In: Sheila Zanchi Ceccon. (Org.). **Educação ambiental em diálogo com os princípios político pedagógicos de Paulo Freire: Uma experiência de educação que promove a cidadania planetária**. 1. ed. Porto - Portugal: Mais Leituras, v. 7, p. 137-158, 2021.

DICKMANN, I; CARNEIRO, S. M. M. **Educação Ambiental Freiriana**. Chapecó: Livrologia, 2021.

EZAKI, S.; GASTMANS, D.; IRITANI, M. A.; SANTOS, V.; STRADIOTO, M. R. Geochemical evolution, residence times and recharge conditions of the multilayered Tubarão aquifer system (State of São Paulo – Brazil) as indicated by hydrochemical, stable isotope and ¹⁴C data. **Isotopes in Environmental and Health Studies**, London, v. 56, p. 495-512, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/10256016.2020.1797714>.

FREIRE, P. Pedagogia da esperança: um reencontro com a pedagogia do oprimido [antologia]. **Revista de Educação**. Lisboa, Portugal, v. 7, n. 1, p. 147-149, 1998.

FREIRE, P; MACEDO, D. **Alfabetização**: leitura do mundo, leitura da palavra. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

HOFMANN, G. S.; SILVA, R. C.; WEBER, E. J.; BARBOSA, A. A; OLIVEIRA, L. F. B; ALVES, R. J. V; HASENACK, H.; SCHLOSSER, V.; AQUINO, F. E.; CARDOSO, M. F. Changes in atmospheric circulation and evapotranspiration are reducing rainfall in the Brazilian Cerrado. **Scientific Reports**, v. 13, 1123, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38174-x>.

HONDA, E. A.; DURIGAN, G. Woody encroachment and its consequences on hydrological processes in the savannah. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 371, n. 1703, 2016. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2015.0313>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE Cidades**: Frutal. 2016.

LATRUBESSE, E. M. *et al.* Fostering water resource governance and conservation in the Brazilian Cerrado biome. **Conservation Science and Practice**, v. 1, n. 9, e77, 2019. DOI: 10.1111/csp2.77

LOUREIRO, C. F. B. Premissas teóricas para uma educação ambiental transformadora. **Ambiente & Educação: Revista de Educação Ambiental, [S. l.],** v. 8, n. 1, p. 37–54, 2009.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. **Valor da Produção:** Mapa divulga os 100 municípios mais ricos do agronegócio em 2023, publicado em 17/10/2024. Disponível em: www.gov.br/agricultura/pt-br. Acesso em: 24 fev. 2025.

MOECK, C; GRECH-CUMBO, N; PODGORSKI, J; BRETZLER, A; GURDAK, J. J; BERG, M; SCHIRMER, M. A global-scale dataset of direct natural groundwater recharge rates: A review of variables, processes and relationships. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 717, p. 137042, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137042>.

NÉSPOLI, J. H. S. Política, educação e intelectuais: a experiência educativa da licenciatura em educação do campo na Universidade Federal do Triângulo Mineiro. **Inter-Ação**, v. 47, n. 2, p. 492-506. <https://doi.org/10.5216/ia.v47i2.72093>.

PINTO PEREIRA, D. G. S. *et al.* Environmental Protection Areas: the case of the Bebedouro Stream Watershed. **Ambiente & Sociedade**, v. 20, n. 01, p. 105-124, 2017.

SEVERO, M. A classe média rural brasileira e o agronegócio: cooptação e hegemonia. **Lua Nova**, n. 120, p. 123–166, 2023.