



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**EDUARDO SILVA RIES**

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL MACROSCÓPICA DAS NASCENTES DA SUB-BACIA  
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO CACHIMBO EM PALMAS-TO**

Palmas (TO)

2022

**EDUARDO SILVA RIES**

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL MACROSCÓPICA DAS NASCENTES DA SUB-BACIA  
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO CACHIMBO EM PALMAS-TO**

Monografia apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental, sob orientação do Prof. Dr. Gírlene Figueiredo Maciel

Palmas (TO)

2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

R559a Ries, Eduardo Silva.

Avaliação ambiental macroscópica das nascentes da sub-bacia hidrográfica do córrego Cachimbo em Palmas-TO. / Eduardo Silva Ries. – Palmas, TO, 2022.

76 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Ambiental, 2022.

Orientador: Gislene Figueiredo Maciel

1. Nascentes. 2. Avaliação macroscópica. 3. Diagnóstico ambiental. 4. Impactos ambientais. I. Título

**CDD 628**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**


**EDUARDO SILVA RIES**

### **AVALIAÇÃO AMBIENTAL MACROSCÓPICA DAS NASCENTES DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO CACHIMBO EM PALMAS-TO**

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Ambiental para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data da aprovação: 08/02/2022

Banca Examinadora:

 **Girlene Figueiredo Maciel**  
Data: 10/02/2022 15:01:28-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

**Prof. Dr. Girlene Figueiredo Maciel, UFT**

---

**Prof. Dr. Erich Collicchio, UFT**

---

**Dra. Roberta Araújo e Silva, UFT**

---

**Prof. Me. Eduardo Quirino Pereira, UFT**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus por ter me dado o dom da vida e por ter me guiado e sustentado em cada momento desta jornada, por me permitir chegar até aqui e nunca ter me deixado desistir mesmo diante das dificuldades.

Aos meus pais, Edmar Ries e Isabel Cristina Brito e Silva Ries, por terem estado comigo durante todos estes anos me apoiando nos momentos em que tive grandes dúvidas sobre o futuro, agradeço por sempre me aconselharem e me encorajarem a prosseguir.

Ao meu orientador Dr. Girlene Figueiredo Maciel ao qual conheci mesmo antes de ingressar no curso de Engenharia Ambiental e que me acompanhou durante toda a caminhada na graduação.

Ao integrante da banca Dr. Erich Collicchio ao qual tenho enorme gratidão por todo período em que estive como professor orientador da Empresa Júnior, me ensinando, aconselhando e apoiando.

Ao integrante da banca Me. Eduardo Quirino Pereira por todos os ensinamentos, carinho e atenção que sempre teve com seus alunos.

A integrante da banca Dra Roberta Araújo e Silva que estive comigo durante toda a graduação e a quem agradeço pelo companheirismo e por tudo que aprendi enquanto estive trabalhando no LABMET/UFT

A toda equipe da Fundação Municipal de Meio Ambiente de Palmas e do Programa Água Viva em especial ao meu supervisor de estágio Me. Marcelo Grison com quem tenho aprendido e crescido profissionalmente.

Aos meus amigos da graduação: Fillipy, Gabriel, Fábio, Gustavo, Pedro, Luciano, Maildo, Valéria, Rayele, Milena e a todos os integrantes da empresa júnior com que estive trabalhando durante estes anos.

E aos amigos que conheci durante minha caminhada: Weder, Vitor, Mauro, Indira e Luana que sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo desses anos.

Recebam o meu abraço e meu muito obrigado!

## RESUMO

As nascentes são afloramentos freáticos que dão origem a riachos e rios e possuem valor inestimável na composição das bacias hidrográficas. O processo de uso e ocupação irregular do solo, em especial de Áreas de Preservação Permanente, pode comprometer as capacidades qualitativas e quantitativas de fornecimento de água das nascentes. O presente trabalho buscou identificar de forma qualitativa os impactos ambientais aos quais as nascentes da Sub-Bacia Hidrográfica do Córrego Cachimbo no Município de Palmas estão sendo submetidas devido ao processo de urbanização dos bairros Santo Amaro e Lago Norte através da aplicação de uma Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais em Nascentes. Nesta avaliação foram verificados 20 parâmetros que valoram as condições ambientais do local das nascentes e de suas respectivas Áreas de Preservação Permanente. O diagnóstico ocorreu a partir de observações *in loco*, juntamente com registro fotográfico das condições das áreas vistoriadas em duas expedições de campo realizadas nos meses de setembro de 2021 e janeiro de 2022. As expedições ao campo foram antecedidas de aquisição e tratamento de camadas vetoriais e imagens de satélite, confecção de mapas e revisão bibliográfica. Como resultado foram identificadas três nascentes que dão início ao Córrego Cachimbo, duas nascentes intermitentes e uma nascente perene. Dentre os impactos ambientais identificados nas nascentes avaliadas destaca-se a deposição de resíduos sólidos urbanos no interior da nascente, a facilidade de acesso de humanos e animais, a presença de animais domésticos no interior das nascentes e a existência de moradias e equipamentos de infraestrutura urbana nas Áreas de Preservação Permanente. O Índice de Qualidade Ambiental de Nascentes obtido através do estudo indicou que nenhuma das nascentes identificadas pode ser classificada como “Preservada”. As duas nascentes intermitentes encontram-se “Moderadamente Preservadas” e a nascente perene encontra-se “Degradada”.

Palavras chave: Afloramento freático; Avaliação macroscópica; Diagnóstico ambiental.

## ABSTRACT

Springs are phreatic outcrops that give rise to streams and rivers and are invaluable in the composition of hydrographic basins. The process of irregular land use and occupation, especially in Permanent Preservation Areas, can compromise the qualitative and quantitative capacities of spring water supply. The present work sought to qualitatively identify the environmental impacts to which the springs of the Córrego Cachimbo Watershed in the Municipality of Palmas are being subjected due to the urbanization process of the Santo Amaro and Lago Norte neighborhoods through the application of a Macroscopic Assessment of Environmental Impacts on Springs. In this evaluation, 20 parameters were verified that value the environmental conditions of the springs and their respective Permanent Preservation Areas. The diagnosis was based on *in loco* observations, together with a photographic record of the conditions of the areas surveyed in two field expeditions carried out in the months of September 2021 and January 2022. The field expeditions were preceded by the acquisition and treatment of vector layers and satellite images, making maps and reviewing the literature. As a result, three springs were identified that start the Cachimbo stream, two intermittent springs and one perennial spring. Among the environmental impacts identified in the springs evaluated, the deposition of solid urban waste inside the spring, the ease of access for humans and animals, the presence of domestic animals inside the springs and the existence of housing and urban infrastructure equipment in Permanent Preservation Areas. The Spring Environmental Quality Index obtained through the study indicated that none of the identified springs can be classified as “Preserved”. The two intermittent springs are “Moderately Preserved” and the perennial spring is “Degraded”.

Keywords: Phreatic outcrop; Macroscopic evaluation; Environmental diagnosis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A dinâmica do ciclo hidrológico .....	17
Figura 2. Proposta dos autores Souza et al. (2019) para delimitação de APP de nascente móvel, cujo ponto de início do afloramento a montante constitui uma lacuna técnica e normativa. ....	23
Figura 3. Sub-bacias Hidrográficas do Município de Palmas -TO.....	32
Figura 4. Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Cachimbo.....	33
Figura 5. Precipitação Média Anual do Município de Palmas -TO .....	34
Figura 6. Ambientes Geológicos do Município de Palmas – TO.....	35
Figura 7. Unidades Geomorfológicas do Município de Palmas – TO.....	36
Figura 8. Uso e Cobertura do Solo da SBHCC .....	37
Figura 9. Precipitação diária de 15/05/2021 a 15/09/2021 no município de Palmas - TO.....	47
Figura 10. Mapa de localização da Nascente I.....	48
Figura 11. Afloramento na Nascente I.....	49
Figura 12. Canal de concreto que direciona a água pluvial para o interior da área da nascente .....	50
Figura 13. Água com proliferação de algas em um dos afloramentos no interior da área da nascente .....	51
Figura 14. Resíduos Sólidos de Construção Civil no interior da área da nascente .....	52
Figura 15. Resíduos Sólidos Urbanos no interior da área da nascente.....	52
Figura 16. Sistema de lançamento de drenagem que atende ao Setor Santo Amaro I e II.....	53
Figura 17. Precipitação diária de 15/09/2021 a 15/01/2022 no município de Palmas - TO.....	55
Figura 18. Mapa de localização da Nascente II.....	56
Figura 19. Afloramento de água na Nascente II.....	57
Figura 20. Estrada ao lado da Nascente II.....	57
Figura 21. Resíduos sólidos urbanos na proximidade da Nascente II.....	58
Figura 22. Resíduos sólidos urbanos na proximidade da Nascente II.....	58
Figura 23. Mapa de localização da Nascente III .....	60
Figura 24. Represa formada pelo afloramento da Nascente III.....	61
Figura 25. Resíduos sólidos urbanos no interior da Nascente III.....	62
Figura 26. Resíduos sólidos urbanos nas proximidades da Nascente III.....	62
Figura 27. Resíduos sólidos de construção civil depositados nas proximidades da Nascente III .....	63
Figura 28. Residências nas proximidades da Nascente III .....	63



Figura 29. Proposta de delimitação da nova Área de Preservação Permanente da Nascente do Córrego Cachimbo considerando sua mobilidade ..... 68

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Impactos ambientais urbanos e suas consequências para a dinâmicas no sistema hídrico e dinâmica das nascentes.....	28
Quadro 2. Critérios de magnitude dos impactos ambientais observados nas nascentes.....	39
Quadro 3. Atribuição de valores relativos aos processos observados na nascente.....	39
Quadro 4. Atribuição de valores relativos aos processos observados na Área de Preservação Permanente – APP.....	39
Quadro 5. Atribuição de valores relativos à Cor da água.....	39
Quadro 6. Atribuição de valores relativos à Turbidez.....	40
Quadro 7. Atribuição de valores relativos ao Odor.....	40
Quadro 8. Atribuição de valores relativos aos Resíduos Sólidos na Nascente.....	40
Quadro 9. Atribuição de valores relativos aos Resíduos Sólidos na Área de Preservação Permanente da Nascente.....	40
Quadro 10. Atribuição de valores relativos aos Materiais flutuantes.....	40
Quadro 11. Atribuição de valores relativos aos Óleos e Graxas.....	40
Quadro 12. Atribuição de valores relativos ao Esgoto na nascente.....	41
Quadro 13. Atribuição de valores relativos ao Esgoto na APP.....	41
Quadro 14. Atribuição de valores relativos à potenciais indicativos de Eutrofização.....	41
Quadro 15. Atribuição de valores relativos à Vegetação.....	41
Quadro 16. Atribuição de valores relativos aos sinais de acesso de animais à nascente.....	41
Quadro 17. Atribuição de valores relativos aos sinais de acesso de animais na APP.....	42
Quadro 18. Atribuição de valores relativos ao uso por humanos.....	42
Quadro 19. Atribuição de valores relativos ao acesso à nascente.....	42
Quadro 20. Atribuição de valores relativos à proximidade da nascente em relação à residências e/ou criatórios.....	42
Quadro 21. Atribuição de valores relativos aos equipamentos de infraestrutura.....	42
Quadro 22. Atribuição de valores relativos à APP (raio de 50 metros no entorno da nascente).....	43
Quadro 23. Ficha de Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais em Nascentes.....	43
Quadro 24. Índice de Qualidade Ambiental das Nascentes.....	44
Quadro 25. Localização geográfica das nascentes identificadas.....	46
Quadro 26. Resultados da AMIAN para a Nascente I.....	54
Quadro 27. Resultados da AMIAN para a Nascente II.....	59

Quadro 28. Resultados da AMIAN para a Nascente III .....	64
Quadro 29. Valorações obtidas a partir da aplicação da AMIAN nas nascentes do Córrego Cachimbo.....	65
Quadro 30. Grau de conservação das Nascente do Córrego Cachimbo .....	65

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AMIAN	Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais em Nascentes
FMA	Fundação Municipal de Meio Ambiente de Palmas – TO
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQAN	Índice de Qualidade Ambiental das Nascentes
SEPLAN	Secretaria do Planejamento e Orçamento do Estado do Tocantins
SBHCC	Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Cachimbo

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa .....</b>	<b>15</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>16</b>
<b>3.</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1</b>	<b>O ciclo hidrológico.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2</b>	<b>Nascentes .....</b>	<b>19</b>
3.2.1	Conceito.....	19
3.2.2	Caracterização .....	20
3.2.3	Aspectos legais .....	22
<b>3.3</b>	<b>Os impactos da urbanização na degradação dos cursos hídricos e nascentes ....</b>	<b>25</b>
<b>3.4</b>	<b>Processo de urbanização de Palmas: os casos dos bairros Santo Amaro I, II e Lago Norte.....</b>	<b>29</b>
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização fisiográfica do local de estudo.....</b>	<b>31</b>
4.1.1	Hidrografia .....	31
4.1.2	Climatologia .....	33
4.1.3	Geologia e Geomorfologia .....	34
4.1.4	Uso e Cobertura do Solo .....	36
<b>4.2</b>	<b>Tipo de pesquisa .....</b>	<b>37</b>
<b>4.3</b>	<b>Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais em Nascentes - AMIAN.....</b>	<b>38</b>
4.3.1	Parâmetros de Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais em Nascentes - AMIAN .....	38
<b>4.4</b>	<b>Índice de Qualidade Ambiental das Nascentes - IQAN .....</b>	<b>44</b>
<b>4.5</b>	<b>Coleta dos dados .....</b>	<b>44</b>
<b>4.6</b>	<b>Análise dos dados.....</b>	<b>45</b>
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>46</b>
<b>5.1</b>	<b>Primeiro levantamento de campo .....</b>	<b>46</b>
5.1.1	Aplicação da AMIAN na Nascente I do Córrego Cachimbo .....	48
<b>5.2</b>	<b>Segundo levantamento de campo.....</b>	<b>55</b>
5.2.1	Aplicação da AMIAN na Nascente II do Córrego Cachimbo.....	56

5.2.2	Aplicação da AMIAN na Nascente III do Córrego Cachimbo .....	60
<b>5.3</b>	<b>Aplicação do IQAN para as Nascentes do Córrego Cachimbo .....</b>	<b>64</b>
<b>5.4</b>	<b>Considerações sobre as condições observadas nas nascentes.....</b>	<b>66</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>70</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>71</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável e de primordial importância, tendo influência direta na manutenção da vida, saúde e bem-estar do homem e servindo para garantir a autossuficiência econômica de uma região ou país.

Com o avanço do debate ambiental, em contraponto ao crescimento populacional, tecnológico, industrial e a demanda crescente da sociedade moderna por produtos provenientes da natureza, questões que antes eram negligenciadas agora são cada vez mais discutidas como: perda de biodiversidade, poluição do ar e da água, falta de saneamento básico e crises climáticas como secas e inundações (GOMES, 2015).

O processo de ocupação e uso do solo de uma bacia hidrográfica, que envolve desmatamento e ocupação irregular de áreas de preservação permanente, em especial as áreas de nascente, potencializam a degradação ambiental, podendo esta ser associada à outros impactos ambientais como supressão da vegetação, queimadas, erosão, compactação e perda de fertilidade do solo, assoreamento de canais fluviais, contaminação de corpos hídricos, diminuição da recarga de aquíferos, rebaixamento do lençol freático e exaustão de nascentes (GOMES, 2015).

As nascentes são afloramentos freáticos que dão origem a riachos e rios tendo valor inestimável na composição das bacias hidrográficas (PARANHOS, 2012). Para Rodrigues et al. (2006), as nascentes podem perder sua capacidade qualitativa e quantitativa quando são alteradas por atividades antrópicas, pelo uso e ocupação em seu entorno e na área de recarga do lençol freático, o que pode comprometer o reabastecimento e qualidade da água.

A conservação destas áreas de manifestação superficial das águas subterrâneas exige, além da regeneração das características ambientais, a recuperação e o manejo dos cursos de água degradados, a fim de controlar a evolução dos processos erosivos. (PARANHOS, 2012).

Segundo Pinto et al. (2004), o gerenciamento adequado dos recursos hídricos, inclui uma avaliação do estado de conservação das nascentes responsáveis pelos mananciais e visam analisar as interações com as ações antrópicas da bacia hidrográfica a qual a nascente está inserida.

## 1.1 Justificativa

Devido ao rápido crescimento populacional da cidade de Palmas e a crescente pressão sobre os cursos hídricos municipais, a Fundação Municipal do Meio Ambiente de Palmas – FMA criou o Programa Água Viva que é instituído pelo Decreto Municipal nº 1.938 de 31 de agosto de 2020 (PREFEITURA MUNICIPAL DE PALMAS, 2020).

O Programa Água Viva tem a premissa de promover a proteção e/ou a recuperação das nascentes, dos cursos d'água, associado à promoção do uso sustentável de suas águas. O Programa desenvolve projetos voltados à preservação e a recuperação hidro ambiental dos cursos d'água, contemplando a realização de intervenções necessárias à recomposição vegetal de Áreas de Preservação permanente, à conservação de zonas de recarga hídrica e à promoção da sustentabilidade no uso da água no meio urbano e rural tendo como foco a proteção, a preservação e a recuperação das nascentes e dos cursos d'água.

A motivação para realizar este trabalho, deu-se a partir de resultados de vistorias em campo, realizadas por técnicos da Fundação Municipal de Meio Ambiente de Palmas – FMA, dentre outras atividades vinculadas ao Programa Água Viva. Constatou-se que muitos cursos hídricos, em especial os que se encontram na mancha urbana da cidade de Palmas, apresentam impactos ambientais causados ou potencializados pela urbanização, incluindo a ocupação irregular das áreas de proteção permanente.

Durante a execução das atividades de campo verificou-se, então, a inexistência uma metodologia padrão definida que orientasse o profissional sobre quais os parâmetros que deveriam ser observados ao realizar vistorias em áreas de nascentes, tão pouco uma métrica que indicasse o grau de conservação das nascentes.

Dessa forma, a adoção de uma metodologia de avaliação que seja capaz de produzir uma métrica sobre o grau de conservação das nascentes é de suma importância para o monitoramento de longo prazo das nascentes e elaboração de planos de recuperação e manejo efetivos.

Nesse sentido, visando colaborar com o trabalho já desenvolvido pelo Projeto Água Viva na conservação dos recursos hídricos do município de Palmas - TO, em especial as nascentes, este trabalho se propõe a aplicar a metodologia da Avaliação Ambiental Macroscópica, proposta por Gomes (2015) nas nascentes da Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Cachimbo.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Identificação e avaliação qualitativa de impactos ambientais nas nascentes da Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Cachimbo no município de Palmas - TO.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Identificar as nascentes da Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Cachimbo;
- Realizar um levantamento fotográfico dos impactos ambientais identificados;
- Implementar a avaliação macroscópica de impactos ambientais nas nascentes;
- Estimar o grau de conservação através do Índice de Qualidade Ambiental das Nascentes;

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 O ciclo hidrológico

A Água é uma das substâncias mais comuns existentes na natureza, cobrindo cerca de 70% de toda a superfície do planeta Terra. De todo o volume de água existente no planeta, segundo Rebouças, Braga e Tundisi (2006), cerca de 97,5% corresponde a água salgada, sendo que apenas 2,5% do total correspondentes a água doce. De toda a água doce disponível, 68,9% encontra-se na forma de gelo nas calotas polares, geleiras e neves que cobrem os cumes das montanhas mais altas; 29,9% corresponde a água subterrânea, 0,9% pode ser encontrada em forma de umidade no solo ou em pântanos e apenas 0,3% corresponde a água doce dos rios e lagos. (OLIVEIRA, 2018).

O ciclo hidrológico, ou ciclo da água, é definido com o movimento contínuo da água presente nos oceanos, continentes e na atmosfera do planeta Terra. Este movimento é influenciado pela força da gravidade e pela energia solar. Ao longo do ciclo, a água se apresenta nos três estados físicos da matéria (sólido, líquido e gasoso) (PARANHOS, 2012).

A Figura 1 ilustra o ciclo hidrológico, demonstrando os caminhos que a água, em diferentes estados físicos, percorre ao longo do ciclo.

Figura 1. A dinâmica do ciclo hidrológico



Fonte: USGS (2019).

O ciclo hidrológico é acionado pela energia proveniente do sol. O aquecimento da água faz com que ela passe do estado líquido ou sólido para o estado gasoso. Na atmosfera a água

evaporada se resfria conforme é elevada na atmosfera e condensa na forma de nuvens. Essas gotículas de água presentes nas nuvens se agregam até que a força peso da gotícula seja maior que a força de flutuação, provocando as precipitações que podem ocorrer na forma de chuva, granizo ou neve (PARANHOS, 2012).

A variabilidade de água na atmosfera depende da incidência de radiação solar na superfície da terra, da disponibilidade de água na superfície e da dinâmica dos ventos (CARVALHO; SILVA, 2006).

Segundo Paranhos (2012), no momento em que a água chega à superfície ela pode percorrer diferentes caminhos:

- Infiltração e percolação: onde a água flui lentamente entre partículas e espaços vazios do solo ou das rochas, onde ela pode ser armazenada por um período muito variável e ressurgindo na superfície através de nascentes, fontes, pântanos ou alimentar rios e lagos (freáticos). Esses processos são influenciados pelas propriedades do solo e da rocha, características da chuva, tipo de cobertura vegetal, uso e manejo do solo, características das encostas e da superfície do terreno (GUERRA, 2001).

- Escoamento superficial: ocorre quando a precipitação é maior do que a capacidade de absorção do solo. A água então pode infiltrar posteriormente ou desaguar em corpos hídricos. O escoamento superficial pode ser influenciado pela natureza climática ou natureza fisiográfica da bacia. Dentre os fatores climáticos pode-se destacar a intensidade e a duração da precipitação. A intensidade da precipitação irá definir se o solo irá saturar, dando início ao escoamento superficial da água, de forma mais rápida ou mais lenta. A duração também impacta no escoamento, pois em uma precipitação de intensidade constante, quanto maior a duração da chuva, maior será a oportunidade de se iniciar o escoamento superficial. (CARVALHO; SILVA, 2006).

Dentre os fatores fisiográficos, pode-se destacar o tipo de solo, topografia e uso e ocupação do solo. Para Guerra (2001), as características físicas do solo como porosidade e densidade estão relacionadas a capacidade de absorção de água, de modo que quanto mais denso e menos poroso o solo, menor tende a ser sua capacidade de absorver água. Marciano e Mello (2007) afirmam que o uso e ocupação do solo também interferem na no escoamento superficial, pois uma vez que a superfície é ocupada sem que se considere técnicas conservativas de solo, mecanismos que aumentem a infiltração no solo da água da chuva, poderão ser observados impactos para o meio ambiente.

- Evapotranspiração: processo no qual a água presente no solo, na vegetação, nos rios, lago e oceanos passa para o estado gasoso e retorna para a atmosfera.

Paranhos (2012) destaca que a quantidade, qualidade e velocidade de movimentação da água em seu caminho pelas etapas do ciclo hidrológico são influenciadas por diversos fatores como cobertura vegetal, altitude, topografia, temperatura, tipo de solo e geologia. Alguns destes fatores passam por constantes modificações causadas pela ação antrópica, gerando impactos negativos ao meio ambiente e levando a sua conseqüente degradação. O ciclo hidrológico é um processo sensível, a interferência em alguma etapa é capaz de afetar as etapas subseqüentes.

Schueler (1987) afirma que conforme o processo de urbanização ocorre, mudanças na hidrologia natural de uma área se tornam inevitáveis. Essas mudanças ocorrem em resposta a limpeza do terreno, à terraplanagem e à adição de superfícies impermeáveis. Para Guerra (2001), os maiores problemas causados pela urbanização são o grande aumento nos volumes de escoamento superficial dando origem a processos erosivos no solo e conseqüente carreamento de sedimento às águas superficiais. O aumento do escoamento superficial causado pela urbanização, também irá influenciar os níveis das águas subterrâneas e os regimes de fluxo nos aquíferos (FETTER, 1988).

## **3.2 Nascentes**

### **3.2.1 Conceito**

Felippe; Magalhães Jr. (2009) definem as nascentes como sistemas ambientais naturais, marcados por uma feição geomorfológica ou estrutura geológica que permite o afloramento da água subterrânea, podendo este afloramento ocorrer de modo temporário ou perene, formando canais de drenagem a jusante que a inserem na rede de drenagem de uma bacia hidrográfica.

Porém os mesmos autores destacam que o conceito de nascente ainda é dúbio, impreciso e pouco explorado, carecendo de estudos científicos estritamente relacionados ao tema.

Para os mesmos autores:

A escassez de estudos estritamente sobre nascentes ocasiona, em termos acadêmicos, uma falta de precisão no seu conceito. Concomitantemente, o senso comum trabalha constantemente a 'ideia' de nascente, fato que transborda para o meio científico gerando uma falsa impressão de que o conceito é claro e está definido. A literatura traz algumas tentativas de conceitualização do termo sendo, porém, muito distintas entre si, e supervalorizando determinados elementos de acordo com o foco do estudo no qual se insere o termo. Isso faz com que haja uma concepção para a engenharia, outra para a agronomia, outra para a geologia e ainda outra para a geografia. Em caso, porém, verifica-se facilmente a falta de aplicabilidade de alguns conceitos e as limitações de outro (FELIPPE; MAGALHÃES JR, 2009, p. 03)

Segundo Paranhos (2012), a nascente é o fenômeno de descarga de água subterrânea, que aflora espontaneamente à superfície do terreno, ocorrendo em determinadas condições topográficas e geológicas, caracterizando uma área de descarga dos aquíferos.

Calheiros et al. (2004) define o termo nascente como o afloramento do lençol freático que irá dar origem a fonte de água de acúmulo ou a um curso de água superficial, e que em condições ideais, irá fornecer água de boa qualidade, abundante e contínua, sendo localizada em cota topográfica elevada de modo a possibilitar a distribuição da água por gravidade sem gasto de energia.

O Código Florestal Brasileiro, disposto na Lei Federal n. 12.651 de 25 de maio de 2012 define uma nascente como o “afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d’água”. A mesma lei também diferencia o termo nascente de olho d’água, conceituando este último como “afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente” (BRASIL, 2012). Segundo Souza et al. (2019), considerando a legislação, a diferença fundamental entre os dois termos é que as nascentes são perenes e sempre dão início a um curso d’água, já os olhos d’água podem ser perenes ou intermitentes, porém deles não derivam rios.

### 3.2.2 Caracterização

As nascentes são heterogêneas e complexas possuindo diferentes características a depender do contexto nas quais estão inseridas.

Quanto a origem, as nascentes podem ser caracterizadas a partir do tipo de lençol subterrâneos que as abastecem, os freáticos e os artesianos:

Os lençóis freáticos são aqueles que estão sobre as camadas impermeáveis, e são abastecidos por áreas próximas, neste tipo de lençol surgem as nascentes de encosta ou de contato, nascentes de depressão tipo olho d'água e nascentes de depressão tipo difusa. Os lençóis artesianos são aqueles que estão entre camadas impermeáveis, podem ser abastecidas por áreas distantes do ponto de manifestação, deste tipo de lençol surgem as nascentes de contato de lençol artesiano, nascentes artesianas de falha geológica e nascentes artesianas de rocha cárstica (PALIVODA; POVALUK, 2015, p.20).

As nascentes também podem ser caracterizadas de acordo com a presença ou ausência de acúmulo inicial de água imediatamente após o afloramento de água na nascente. Segundo Calheiros et al. (2004) e Pinto et al. (2004), as nascentes podem ser divididas em entre aquelas sem acúmulo inicial de água ou com acúmulo inicial de água. As nascentes sem acúmulo inicial de água são mais comuns em ambientes com relevo de elevada declividade, nestes ambientes as nascentes surgem em um único ponto (nascentes pontuais) e então a água escoar superficialmente em direção às regiões de cota inferior do terreno. As nascentes com acúmulo inicial de água são comuns em ambientes com relevo aplainado, ocorrendo quando a superfície freática ou aquífero artesianos intercepta a superfície e o afloramento é difuso, composto por várias pequenas nascentes distribuídas por todo o terreno (nascentes difusas).

Fellipe; Magalhães Jr (2009) destaca em seu trabalho a existência de nascentes múltiplas, que compartilham características intermediárias entre nascentes pontuais e as nascentes difusas em um sistema com dois ou mais pontos e/ou áreas de exfiltração. Esta observação evidencia a complexidade da dinâmica das nascentes pois são múltiplas as possibilidades de formações geológicas, geomorfológicas e hidrológicas possíveis para seu surgimento.

Em relação a persistência dos fluxos as nascentes podem ser classificadas como perenes (de fluxo contínuo durante todas as estações do ano), intermitentes (de fluxo apenas na estação chuvosa) ou efêmeras (surgindo apenas durante eventos de chuva, encerrando seu fluxo após algumas horas ou dias) (CALHEIROS et al., 2009). Segundo Todd (1959) as nascentes perenes drenam extensos aquíferos permeáveis e apresentam descarga de água durante todo o ano, enquanto as nascentes intermitentes apresentam descarga durante parte do ano, quando as águas subterrâneas são suficientemente reabastecidas de modo a manter o fluxo de água.

Outra característica que deve ser considerada na caracterização de nascentes é sua mobilidade. Uma nascente pode, temporariamente, deixar de aflorar ou mesmo migrar geograficamente seu ponto de afloramento, dependendo do nível do lençol freático, que por sua vez é influenciado pela pluviosidade e capacidade de recarga do aquífero. Em sua pesquisa, Felipe (2013), monitorou 24 nascentes no Parque Nacional da Serra do Cipó (MG) e em Lagoa

Santa (MG) ao longo de um ano hidrológico e constatou que 58,3% das nascentes acompanhadas eram móveis, apresentando deslocamentos que alcançavam até 1,6 km.

### 3.2.3 Aspectos legais

A Lei Federal n. 12.651, de 25 de maio de 2012 em seu artigo 4º, parágrafo IV, determina que as áreas no entorno de nascentes e de olhos d'água perenes para qualquer que seja sua situação topográfica, são consideradas Áreas de Preservação Permanente, devendo ser protegido num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (BRASIL, 2012).

O artigo 3º desta mesma legislação define:

II – Área de Preservação Permanente – APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas; (BRASIL, 2012).

Adiante, os artigos 7º, 8º e 9º da Lei Federal n. 12.651, de 25 de maio de 2012 determinam:

Art. 7º A vegetação situada em Área de Preservação Permanente deverá ser mantida pelo proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título, pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado. [...] Art. 8º A intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental previstas nesta Lei. § 1º A supressão de vegetação nativa protetora de nascentes, dunas e restingas somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública. [...] Art. 9º É permitido o acesso de pessoas e animais às Áreas de Preservação Permanente para obtenção de água e para realização de atividades de baixo impacto ambiental. (BRASIL, 2012).

A definição de nascente e a delimitação de sua correspondente APP presentes no Código Florestal não abrangem os casos de nascentes com afloramento difuso ou múltiplo, ou mesmo casos de nascentes móveis, se baseando apenas no padrão tradicional de nascentes pontuais, perenes, fixas que podem não ser as mais corriqueiras em alguns ambientes. (GONÇALVES DO CARMO, et al., 2014).

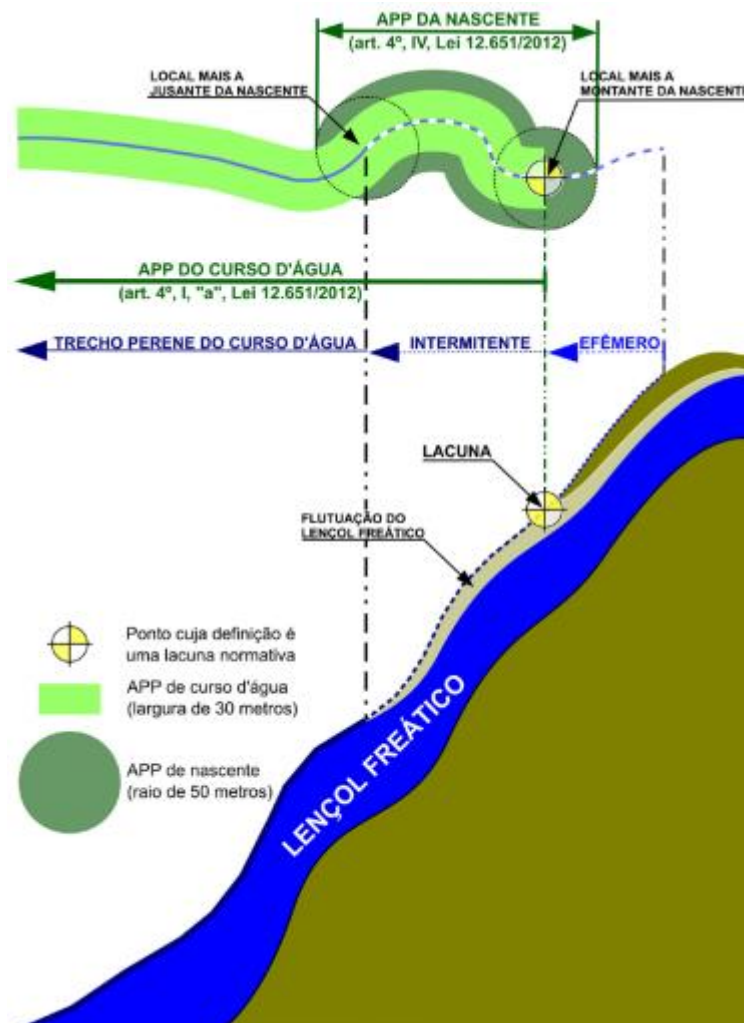
Gonçalves do Carmo et al. (2014) afirmam que:

[...] as características ambientais das nascentes, observadas em campo e com o subsídio da produção científica ora disponível, demonstram que a delimitação de APP a partir de um buffer de 50 m pode não ser a solução mais adequada para garantir a proteção desses sistemas (GONÇALVES DO CARMO, et al., 2014, p.291).

Souza et al. (2019) expõe algumas falhas de regulamentação na delimitação da APP de nascentes segundo o estabelecido pelo Código Florestal. A primeira delas é que considerando

o comportamento dinâmico das nascentes e principalmente o fato de que uma nascente pode se deslocar no espaço a depender de oscilações do nível do lençol freático, a delimitação da Área de Preservação Permanente não pode se limitar a um círculo fixo de 50 metros de raio ao redor de uma nascente. Os autores propõem que a APP das nascentes deve acompanhar o deslocamento do ponto mais a montante do trecho intermitente e o perene no conforme ilustrado pela Figura 2

**Figura 2. Proposta dos autores Souza et al. (2019) para delimitação de APP de nascente móvel, cujo ponto de início do afloramento a montante constitui uma lacuna técnica e normativa.**



Fonte: Souza et al. (2019).



GONÇALVES DO CARMO, et al. (2014) enfatizam:

Na prática, as nascentes intermitentes são colocadas em segundo plano, não sendo prevista qualquer proteção especial para esses sistemas, excetuando-se a já prevista para os cursos d'água. Nascentes intermitentes possuem uma dependência mais pronunciada das águas meteóricas, porém, após um intervalo de meses, semanas ou dias de estiagem, a sua exfiltração passa a ser relevante para a contribuição da vazão afluente aos cursos d'água (GONÇALVES DO CARMO, et al., 2014, p. 282).

Outra lacuna técnica identificada por Souza et al. (2019) na legislação é que não existe previsão ou exigência de pesquisas para a definição precisa do ponto a montante a partir do qual pode-se considerar o início da APP de cada nascente. Sabe-se também que a mobilidade das nascentes é sensível à sazonalidade da precipitação (KETCHUM; DONOVAN; AVERY, 2000), portanto a observação de um único ano hidrológico pode não ser suficiente para descrever com precisão a cota máxima onde ocorre o afloramento de água. Segundo Snyder (2008) às flutuações no nível do lençol freático podem ocorrer na escala de horas a até décadas e não há, por parte da legislação vigente, previsão, exigência ou recomendação de tempo necessário para que seja realizado o monitoramento da mobilidade da nascente de modo que seja possível determinar a APP de forma correta.

Souza et al. (2009) concluem:

Pesquisas sistemáticas com objetivo específico de definir os pontos extremos de ocorrência das nascentes móveis poderiam garantir uma regulamentação sem divergências técnicas, bem como a eficácia plena das APP instituídas para proteção dos afloramentos naturais de água subterrânea e rios intermitentes (SOUZA et al., 2009, p.80).

Vale e Gomes (2015) destacam que a nascente é um fenômeno natural que transcende o ponto em que se manifesta, sendo o resultado de um processo hidrológico que ocorre na bacia hidrográfica. Considerando a nascente como um sistema e não como algo pontual e bem delimitado, é possível compreender que a necessidade de proteção das nascentes se estende para além dos 50 metros previstos em lei, devendo envolver toda a bacia de cabeceira.

Paranhos (2012) reafirma esta opinião. Segundo o autor, as nascentes devem ser entendidas considerando os seus respectivos contextos ambientais. Os tipos de nascentes são condicionados por características físicas e geomorfológicas específicas, portanto é importante caracterizar a bacia de cabeceira na qual a nascente está situada para compreensão da dinâmica da nascente.

Felippe (2009) define o conceito de cabeceira de drenagem (ou bacia de cabeceira) da seguinte forma:

As cabeceiras de drenagem correspondem, geralmente, a formas côncavas à semelhança de anfiteatros erosivos que concentram fluxos pluviais e sedimentos. Porém, nem sempre possuem esta forma tão característica, podendo apresentar morfologia suavizada e mal demarcada na superfície. Originam-se de processos de intemperismo e erosão superficial e sub-superficial de caráter químico (dissolução/remoção) e/ou físico (erosão mecânica), onde as águas pluviais e subterrâneas são os agentes principais. Ao determinarem o rearranjo dos fluxos em superfície, funcionando como pequenas bacias de captação de água e sedimentos, as cabeceiras possuem destacada importância na proteção e conservação das nascentes (FELIPPE, 2009; p. 9).

Portanto, considerando as lacunas técnicas e regulamentares do Código Florestal e dada a complexidade da dinâmica das nascentes, além do exposto por vários autores é possível concluir que a simples delimitação de uma Área de Preservação Permanente de 50 metros pode ser insuficiente para garantir a devida proteção de nascentes. Deve-se ter uma visão holística de toda a bacia de cabeceira onde a nascente está situada, bem como monitorar ao longo de vários anos hidrológicos o comportamento de mobilidade e continuidade de fluxo da nascente para que seja possível estabelecer a uma APP que cumpra efetivamente os objetivos previsto na legislação.

### **3.3 Os impactos da urbanização na degradação dos cursos hídricos e nascentes**

A água é um elemento necessário para praticamente todas as atividades humanas, sendo ainda, componente da paisagem e do meio ambiente. É um bem de valor inestimável que deve ser conservado e protegido a qualquer custo. A água é utilizada pelo ser humano para finalidades diversas, desde o abastecimento humano, industrial, dessedentação animal, irrigação, geração de energia elétrica, navegação, recreação, harmonia paisagística, pesca e diluição, assimilação e transporte de efluentes líquidos (OLIVEIRA, 2018). O suprimento de água doce de boa qualidade é essencial para o desenvolvimento econômico, para a qualidade de vida da população e para a sustentabilidade dos ciclos naturais no planeta. (TUNDISI, 2003).

Câmara (2011) destaca que nas últimas décadas os ecossistemas aquáticos vêm sendo alterados de forma demasiada devido ao aumento desordenado e acentuado dos diversos impactos decorrentes das atividades antrópicas. Dentre as formas de mau uso da água, pode-se citar a retirada excessiva; o desperdício; a poluição; a contaminação; o desmatamento; e a urbanização (VIANA; COSTA, 2015).

Setti et al. (2000) afirma que os problemas de escassez hídrica no Brasil são originados pela combinação do crescimento exagerado das demandas localizadas e da degradação da qualidade das águas. Segundo Setti et al. (2000) o crescimento das demandas localizadas se dá pelo aumento desordenado dos processos de urbanização, industrialização e expansão agrícola, verificados a partir da década de 1950. Esta transformação demográfica que o Brasil passou se refletiu de forma notável sobre o uso dos recursos hídricos a partir da segunda metade do século XX.

Além dos impactos quantitativos, existem impactos na qualidade das águas superficiais e subterrâneas que também comprometem seus usos múltiplos e acabam por aumentar as pressões econômicas locais e regionais sobre os recursos hídricos (TUNDISI, 2003).

Segundo Oliveira (2018):

Durante muito tempo predominou a ideia de abundância, a qual favoreceu a cultura do desperdício de água, onde havia pouca preocupação em protegê-la ou utilizá-la de forma eficiente. Todavia, nos últimos anos tem-se observado um aumento na preocupação em preservar os recursos hídricos, devido a ocorrência da sua escassez em diversas regiões do Brasil e do mundo. Atualmente, a degradação dos recursos hídricos é um dos problemas ambientais mais graves e preocupantes no mundo contemporâneo, tornando-se imprescindível a adoção de medidas imediatas, visto que, caso o ser humano continue degradando este importante recurso, a sua escassez tende a se tornar maior. (OLIVEIRA, 2008, p. 3)

O processo de desenvolvimento urbano tem se caracterizado pelo grande número de construções, pela aglomeração urbana e pela ampliação do perímetro urbano das cidades, ocasionando a redução drástica da cobertura vegetal e a deterioração dos cursos de água. A ampliação dos perímetros urbanos de muitas cidades ignorou as funções ecológicas, econômicas, estáticas que a vegetação e os cursos hídricos podem desempenhar na qualidade de vida da população de uma cidade (KIMURA, 2014).

A urbanização apresenta uma série de impactos ao sistema hídrico devido ao crescimento da demanda pelos recursos hídricos, potencializados pelo aumento da densidade demográfica e a impermeabilização do solo. Estas modificações podem impactar o balanço hídrico das cidades, o que ocasiona um aumento da quantidade e intensidade de inundações devido à redução do potencial de infiltração do solo. (FELIPPE; MAGALHÃES JR., 2009).

De acordo com Moraes; Jordão (2002), as populações com baixo poder aquisitivo começaram a se concentrar em periferias carentes de serviços públicos essenciais, o que acabou por contribuir diretamente para a criação de pontos de poluição, como fontes de lançamento de efluentes líquidos não tratados, além de problemas com a drenagem pluvial agravados pela ocupação irregular, supressão vegetal e a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos.

Para Barros et al. (1995), o esgoto urbano traz consigo problemas como a liberação de odor, proliferação de vetores e contaminação das águas por bactérias que podem ser patogênicas ao ser humano o que pode acabar causando doenças à população que faz uso da água dos cursos hídricos contaminados.

A presença de resíduos sólidos nos cursos de água urbanos causa impactos visuais, perturba os habitats naturais, degrada a qualidade da água, aumenta a propagação de doenças e pode causar a morte de animais aquáticos, interfere no funcionamento dos sistemas de drenagem, além da consequente fixação dos resíduos sólidos na vegetação ciliar ao longo das margens de córregos, rios e lagos (BRITES, 2005).

A erosão dos solos depende de uma série de fatores como: propriedades do solo, a erosividade da chuva, as características morfológicas das encostas, a cobertura vegetal, o uso e cobertura do solo entre outros. A supressão da vegetação, é um dos fatores determinantes para o desencadeamento de processos erosivos, pois pode provocar mudanças consideráveis na estruturação do solo, na hidrologia local, devido a redução da infiltração e aumento do escoamento superficial (MARÇAL; GUERRA, 2001).

A presença de depósitos irregulares de resíduos sólidos, a retirada de vegetação e a alta impermeabilização das áreas urbanas são fatores causadores de assoreamento e barramento de tributários urbanos. A cobertura vegetal pode reduzir o risco de inundações e erosões, pois atua potencializando a infiltração das águas pluviais e também como barreira para o escoamento, reduzindo a quantidade e velocidade e quantidade de água que chega às calhas dos cursos hídricos. (KIMURA, 2014).

Ainda segundo Kimura (2014):

Apesar de reconhecidas a importância e a necessidade da cobertura vegetal às margens dos rios e córregos, estas são preteridas em favor da especulação imobiliária e do desenvolvimento econômico, sendo este fato também associado à falta de planejamento no espaço urbano que se amplia também no espaço rural. Cumpre ressaltar que tais áreas constituem um bem social considerável para a qualidade de vida das pessoas. As cidades têm-se desenvolvido com peculiaridades próprias, mas com conflitos, decorrentes da deterioração de suas periferias e do estabelecimento de indústrias sem considerar o meio ambiente em sua formação estrutural, desconhecendo-se o papel e o desempenho da vegetação nos cursos de água. (KIMURA, 2014; p. 17)

Moura (1994) destaca que a legislação específica para grande parte das zonas urbanas brasileiras não garantiu a necessária proteção das nascentes ao longo do tempo, devido: “à falta de operacionalização do aparato legal, mas também aos diversos interesses especulativos e imobiliários do espaço urbano”.

A principal consequência da urbanização na dinâmica das nascentes é a alteração da vazão. Devido a expansão da mancha urbana, supressão vegetal e impermeabilização do solo, que conseqüentemente reduzem a infiltração e recarga dos aquíferos, em muitos casos as nascentes desaparecem, migram para jusante do seu ponto original ou tornam-se temporárias. (FELIPPE; MAGALHÃES JR, 2009).

O Quadro 1 apresenta um levantamento de impactos ambientais em ambiente urbano e suas consequências na dinâmica das nascentes.

**Quadro 1. Impactos ambientais urbanos e suas consequências para a dinâmicas no sistema hídrico e dinâmica das nascentes**

<b>Impactos Urbanos</b>	<b>Consequências para o sistema hídrico</b>	<b>Consequências para as nascentes</b>
Impermeabilização do solo	Aumento da quantidade e da velocidade do escoamento superficial; Redução da recarga dos aquíferos; Intensificação dos processos erosivos, aumento da carga sedimentar para os cursos d'água, assoreamento e inundações.	Descaracterização; Redução da vazão; Desaparecimento.
Resíduos Sólidos Urbanos e efluentes líquidos	Poluição das águas subterrâneas.	Redução na qualidade da água.
Extração de água subterrânea	Rebaixamento do nível freático.	Redução da vazão; Desaparecimento.
Substituição da cobertura vegetal	Intensificação dos processos erosivos, assoreamento, inundações; Diminuição da retenção de água; Aumento da energia dos fluxos superficiais.	Descaracterização; Redução da vazão; Desaparecimento.
Construção de edificações	Drenagem de nascentes. Aterramento.	Descaracterização; Desaparecimento.
Canalização de rios	Aumento da velocidade e da energia dos fluxos; Alteração no padrão de influência/efluência dos rios.	Descaracterização; Redução de vazão.
Ilha de calor	Alteração no padrão de chuvas; Alteração no padrão de recarga.	Alteração da vazão.

Fonte: Kimura (2014) apud Felipe; Magalhães Jr. (2009, p.9).

### 3.4 Processo de urbanização de Palmas: os casos dos bairros Santo Amaro I, II e Lago Norte

A cidade de Palmas, capital administrativa do Estado do Tocantins, teve o lançamento de sua pedra fundamental ocorrido no dia 20 de maio de 1989, em 2021, apenas 32 anos depois, o IBGE estima que a população da cidade chegue a 313.349 habitantes (IBGE, 2021).

Apesar de ter sido planejada, a cidade passou por um processo de ocupação problemático, semelhante ao das demais cidades brasileiras.

Segundo Nogueira (2017):

Palmas apresenta contraditoriamente um antigo modelo de cidade brasileira que reconstrói os problemas das periferias urbanas com ausência de serviços públicos, e de exclusão sócio-espacial da população de baixa renda, com baixos índices de desenvolvimento econômico, e precariedade nas estruturas sócio-espaciais, em que os indivíduos com baixo poder aquisitivo são expulsos para a periferia com infraestrutura urbana desprovida dos principais serviços necessários. (NOGUEIRA, 2017; p. 44).

A autora complementa:

Observando o cenário de ocupação populacional em Palmas, [...] é possível constatar a olho nu, grandes vazios urbanos, dentro do Plano Diretor, e a formação de núcleos descontínuos e próximos, em seu entorno, como é o exemplo dos Setores Santo Amaro I, II e o setor Lago Norte. [...] Nesse sentido, analisando o processo de formação, ocupação e produção do espaço urbano de Palmas, observa-se, que ao longo de sua trajetória ocorreram transformações espaciais que modificaram extremamente o planejamento inicial desta cidade, em virtude de migrações das camadas sociais ficarem limitadas ao acesso de moradia imposto pelo mercado imobiliário capitalista. (NOGUEIRA, 2017; p. 21).

Logo no início do processo de construção da cidade de Palmas, a população menos favorecida economicamente foi coibida de habitar nas áreas centrais da cidade e iniciou-se um processo de ocupação das áreas externas ao Plano Diretor da cidade. Além da barreira econômica, gerada pela especulação imobiliária, o Estado também teve papel fundamental na segregação social da população pioneira de Palmas.

Coriolano (2011) descreve uma situação emblemática ocorrida nos primeiros anos da cidade:

Com o aumento do número de migrantes, o Estado utilizou como estratégia para manter a população de baixa renda fora do plano urbanístico, barreiras policiais nas entradas da cidade, que visavam manter as famílias de baixo poder aquisitivo longe da cidade planejada [...], à revelia do plano urbanístico. A implantação da cidade ocorreu, por consequência, de maneira esparsa, provocando vazios urbanos e a prática da especulação imobiliária. (CORIOLANO, 2011, P.64).

Portanto, o processo de periferização de Palmas se iniciou antes de que as terras urbanas do Plano Diretor se tornassem escassas. A população carente foi encaminhada pelo Estado para bairros distantes do centro da capital (XAVIER, 2007).

Este processo de ocupação, irregular e descontrolado das áreas externas ao plano diretor deu origem a diversos bairros que cresceram sem o devido planejamento que considerasse as necessidades de infraestrutura urbana e aspectos ambientais como topografia, vegetação, cursos hídricos, nascentes, etc.

É possível citar os bairros Santo Amaro I e II e Lago Norte como três exemplos deste processo de ocupação irregular, iniciado nos primeiros anos de Palmas e que deram origem a bairros que hoje possuem uma quantidade de moradores relevante (NOGUEIRA, 2017).

Os setores Santo Amaro I e II estão situados na região norte de Palmas entre a ARNE 61, as margens da Avenida LO-08 (Avenida Parque) e o Córrego Cachimbo, ocupando uma área de 45,8793 ha. O início da ocupação do setor data dos anos 2000, através do loteamento de chácaras da área remanescente do Loteamento Água Fria 3ª etapa.

O loteamento nasceu irregular, precário em infraestrutura e serviços básicos como saneamento e eletricidade. Atualmente, o bairro conta com cerca de 450 famílias e recentemente passou pelo processo de regularização fundiária recebendo equipamentos de infraestrutura pública como pavimentação asfáltica, iluminação pública, abastecimento de água e drenagem pluvial por parte da Prefeitura Municipal de Palmas (NOGUEIRA, 2017).

O setor Lago Norte, localizado ao lado do setor Santo Amaro entre os córregos Cachimbo e Brejão, também nasceu de uma ocupação irregular iniciada pelo microparcelamento de chácaras remanescentes do loteamento Água Fria 3ª etapa.

O setor ocupa uma área de 96,9510 hectares que eram destinados anteriormente às atividades rurais. Atualmente cerca de 412 famílias representando mais de 2.000 habitantes residem na localidade. O Lago Norte ainda não passou pelo processo de regularização fundiária e conta com infraestrutura precária, não possuindo pavimentação asfáltica, drenagem pluvial ou esgotamento sanitário (NOGUEIRA, 2017).

Segundo levantamento de informações feito por Nogueira (2017) tanto no Santo Amaro I e II quanto no Lago Norte, a população residente é predominantemente de baixa renda. Cerca de 46% dos entrevistados pelo levantamento vivem com um salário mínimo e no setor Santo Amaro II cerca de 50% dos entrevistados vivem com renda inferior a um salário mínimo mensal.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Caracterização fisiográfica do local de estudo

#### 4.1.1 Hidrografia

O município de Palmas está localizado na mesorregião oriental do estado do Tocantins, tendo sido fundada em 20 de maio de 1989. A sede do município está localizada nas coordenadas geográficas -10°12'46" Sul e 48°21'37" Oeste. O município ocupa uma área aproximada de 2.227,329 km<sup>2</sup>. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a população estimada do município, no ano de 2021, era de 313.349 habitantes (IBGE, 2021).

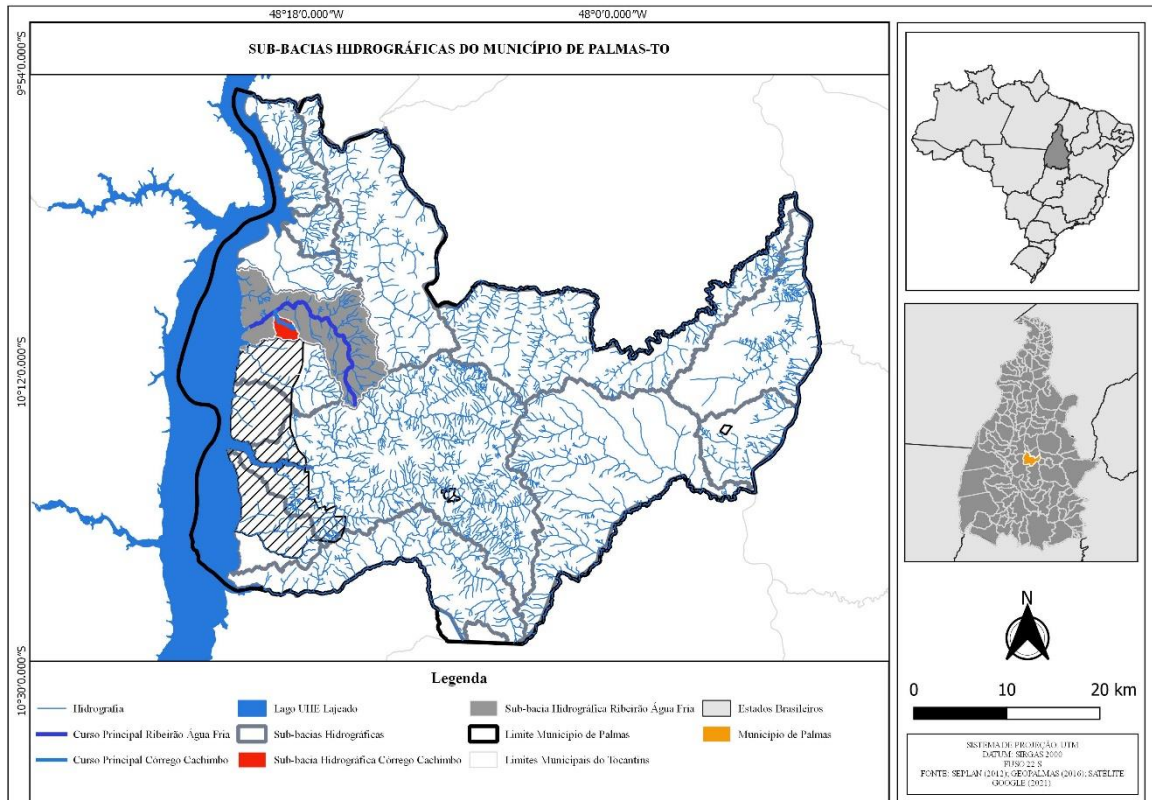
A área territorial do município está inserida em duas bacias hidrográficas. A bacia hidrográfica do Rio Tocantins e do Rio Balsas. As principais sub-bacias que abrangem a área territorial do município são: Ribeirão Água Fria, Ribeirão Taquaruçu Grande, Ribeirão São João, Ribeirão Jaú, Córrego Barreiro, Ribeirão Lajeado e Córrego do Prata, estas contribuindo para a bacia do Rio Tocantins, e Ribeirão São Silvestre, Ribeirão Piabanha e Rio das Balsas contribuintes da bacia hidrográfica do Rio Balsas (SEPLAN, 2012).

Segundo levantamento da Secretaria Estadual de Planejamento e Orçamento do Estado do Tocantins- SEPLAN, o município de Palmas possui um total aproximado de 2.300 nascentes em toda a sua rede de drenagem fluvial, deste total 6,3% (aproximadamente 145 nascentes) encontram-se na mancha urbana da cidade denominada pela Lei Complementar N° 400/2018 como Macrozona de Ordenamento Controlado (PREFEITURA MUNICIPAL DE PALMAS, 2018).

Sub-bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria (SBHRAF), situada na porção ocidental do município de Palmas, é uma das 10 Sub-bacias Hidrográficas localizadas no município que são contribuintes da Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins. Ocupa uma área estimada de 108,53 Km<sup>2</sup>, cujo curso principal possui uma extensão, entre sua nascente e o exultório, estimada em 23,03 Km (Figura 3)



**Figura 3. Sub-bacias Hidrográficas do Município de Palmas -TO**

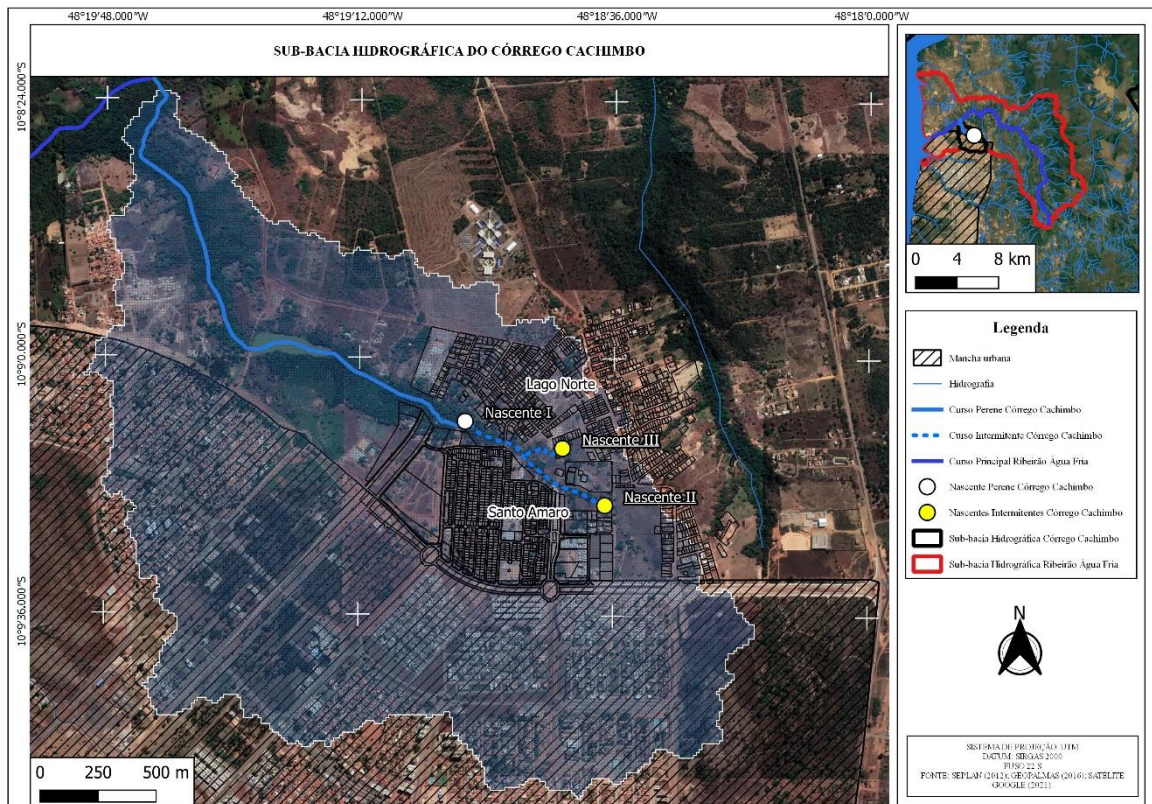


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Cachimbo (SBHCC) é contribuinte da Sub-bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria e também está situada na porção ocidental do município. A Sub-bacia do Córrego Cachimbo ocupa uma área estimada de 4,97 km<sup>2</sup>, cujo curso principal possui uma extensão entre sua nascente perene e o exultório estimada em 3,13 km.

A Sub-Bacia Hidrográfica do Córrego Cachimbo está localizada na porção norte da Mancha Urbana (Macrozona de Ordenamento Controlado) abrangendo tanto áreas do Plano Diretor da cidade quanto dos setores Santo Amaro I e II e Lago Norte conforme ilustrado pela Figura 4.

**Figura 4. Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Cachimbo**

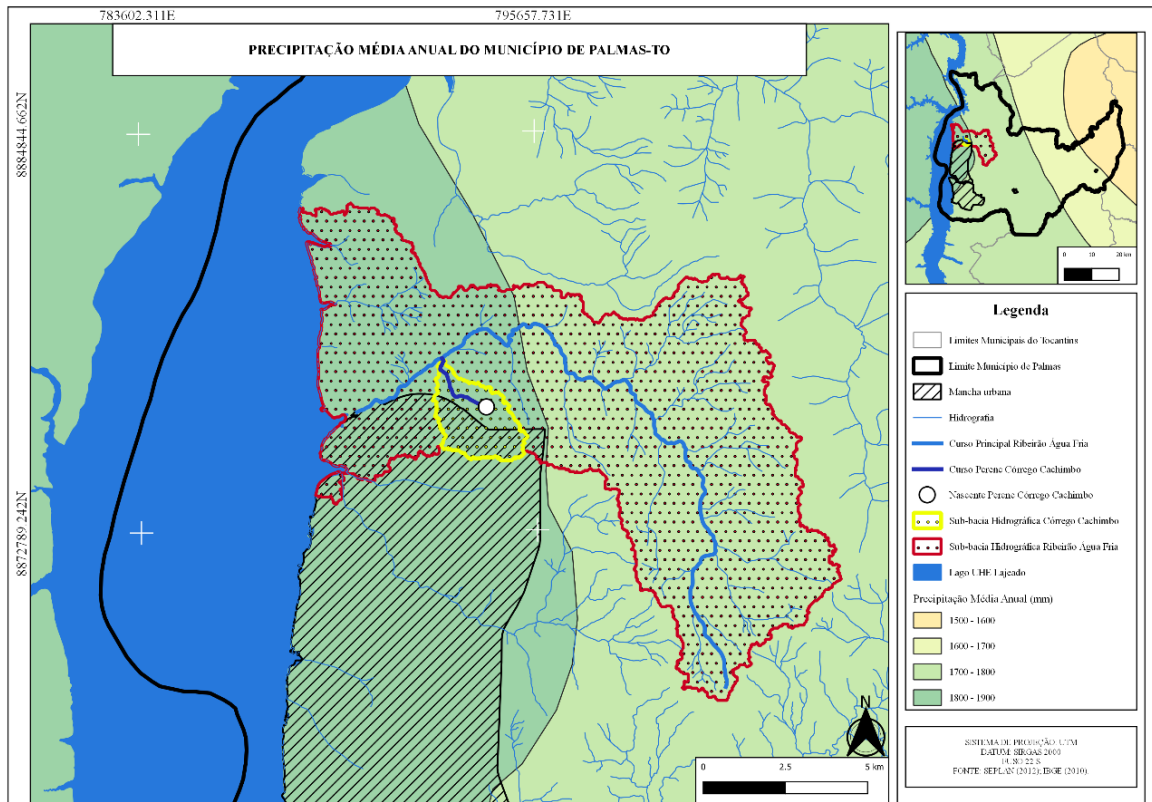


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

#### 4.1.2 Climatologia

A classificação climática do Estado do Tocantins, de acordo com Köppen, é do tipo AW – Tropical de verão úmido e período de estiagem no inverno. A classificação climática do município de Palmas, no qual a Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Cachimbo está inserida, é do tipo C2wa'a' - clima úmido com moderada deficiência hídrica no inverno, sendo caracterizada por duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa. Segundo A precipitação média anual estimada na área da SBHCC varia entre 1.800-1.900 mm, conforme ilustrado pela Figura 5 (SEPLAN, 2012). Marcuzzo; Goularte (2013) afirmam que o ano hidrológico do estado do Tocantins começa em outubro, que é o primeiro mês chuvoso após um período seco. O período úmido perdura cerca de 7 meses entre outubro e abril. O período seco se estende por 5 meses, perdurando de maio a setembro, sendo os meses de maio e setembro meses de transição entre os períodos úmido e seco.

**Figura 5. Precipitação Média Anual do Município de Palmas -TO**



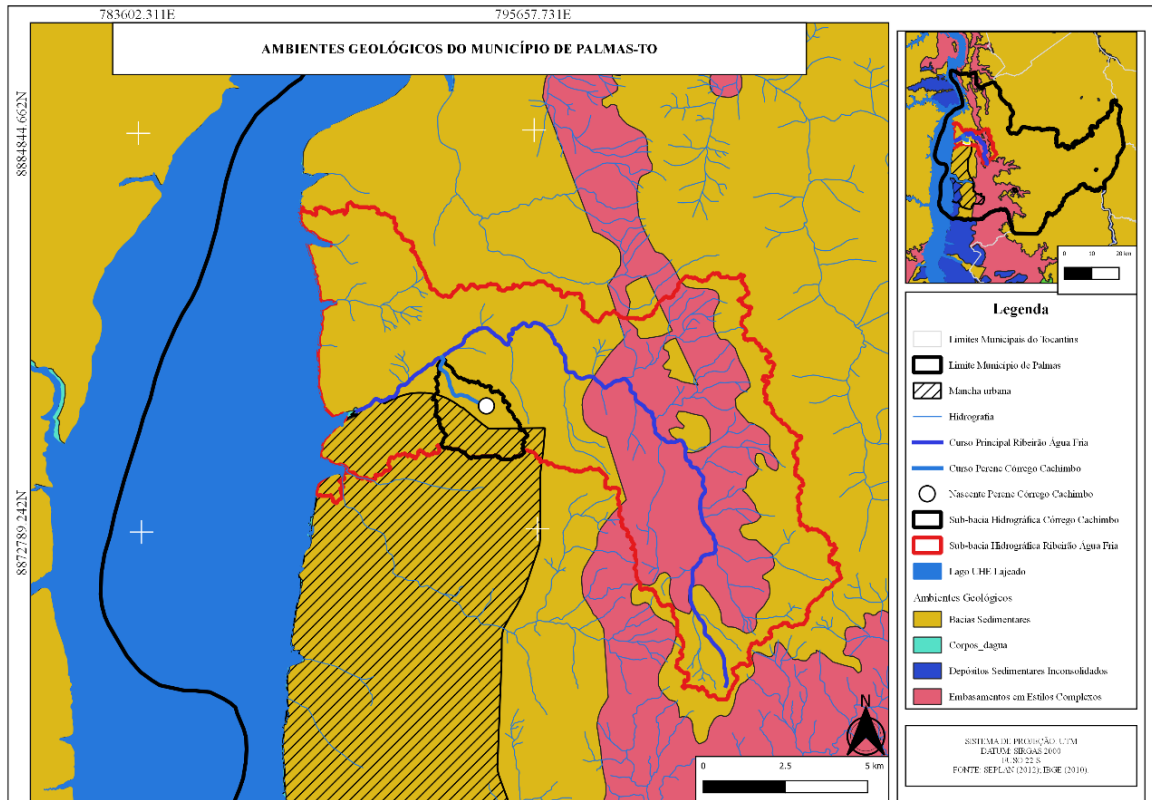
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

#### 4.1.3 Geologia e Geomorfologia

De acordo com levantamento da SEPLAN (2012), a SBHCC encontra-se inserida em um ambiente geológico denominado Bacia Sedimentar, um tipo de formação geológica caracterizada por uma depressão de relevo que permite o acúmulo de sedimentos ao longo de milhões de anos (Figura 6).



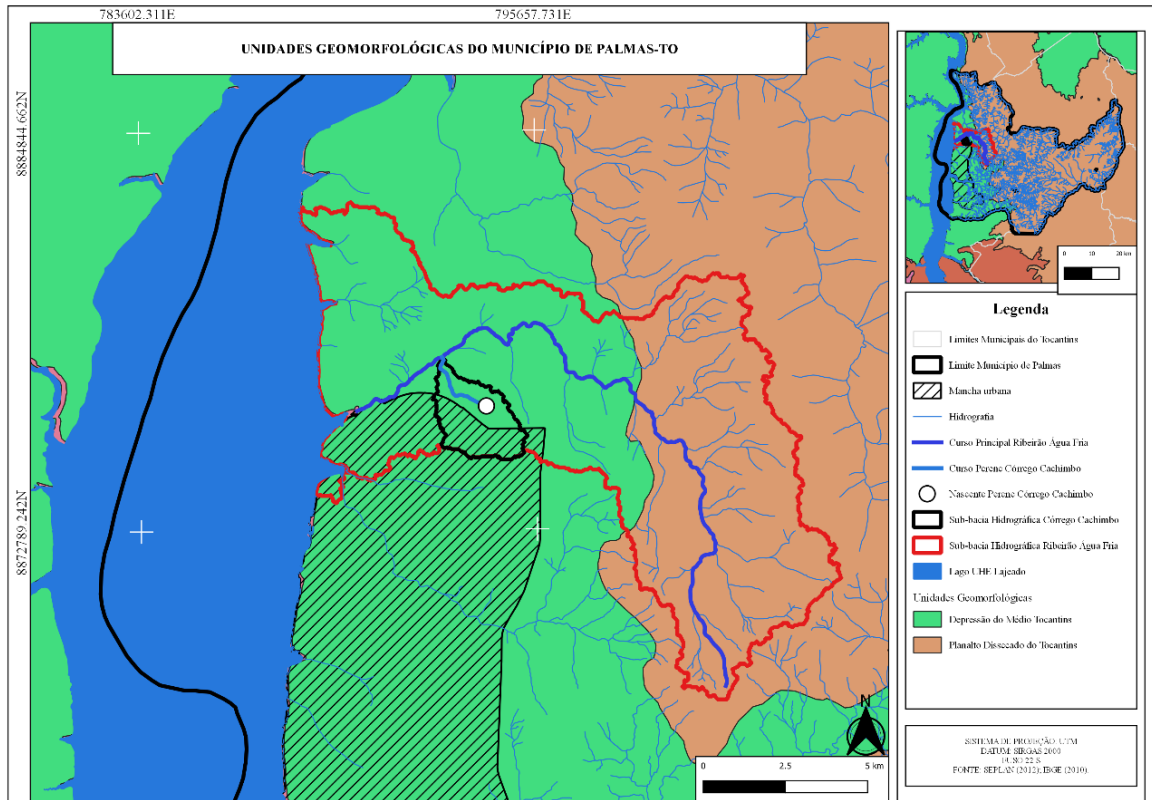
**Figura 6. Ambientes Geológicos do Município de Palmas – TO**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Segundo SEPLAN (2012) a SBHCC está inserida na unidade geomorfológica denominada Depressão do Meio Tocantins, conforme ilustrado pela Figura 7. Segundo Villela; Nogueira (2011) A Depressão do Médio Tocantins corresponde a um corredor deprimido do vale do Rio Tocantins ocorrendo transversalmente à estrutura monoclinial dos relevos cuestiformes. A unidade apresenta relevo de dissecção suave, predominando formas tabulares e altimetrias de 300 m. Os vales são rasos e as vertentes apresentam declividade baixa a média, com densidade de drenagem média a alta. O modelado de dissecção apresenta-se com topos convexos e tabulares, e é atacado por processos erosivos de escoamento concentrado das águas pluviais, formando sulcos e ravinas.

**Figura 7. Unidades Geomorfológicas do Município de Palmas – TO**

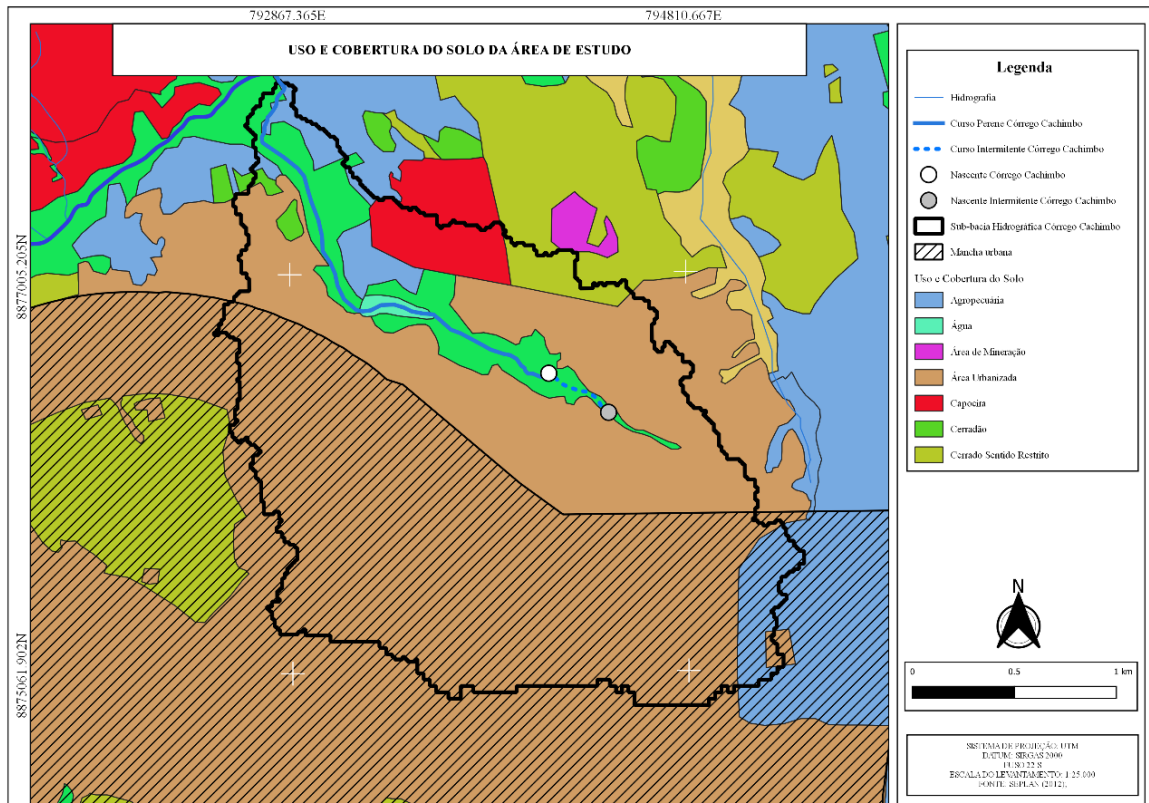


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

#### 4.1.4 Uso e Cobertura do Solo

Através do levantamento realizado pela SEPLAN (2012) é possível observar que o uso e cobertura do solo da SBHCC é predominantemente composto por áreas urbanizadas. É possível constatar a existência de áreas utilizadas em atividades agropecuárias e de mineração, além de fitofisionomias do bioma cerrado, conforme ilustrado pela Figura 8.

**Figura 8. Uso e Cobertura do Solo da SBHCC**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

## 4.2 Tipo de pesquisa

Gil (1999, p. 44-46) classifica os métodos de pesquisas em três grupos: estudos exploratórios, descritivos e explicativos. Partindo desta premissa, o presente estudo pode ser classificado quanto aos objetivos como uma pesquisa exploratória.

A pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou descoberta de instituições (GIL, 1999, p. 45).

Segundo Gil (1999, p.43), os tipos de pesquisas exploratórias habitualmente envolvem levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de casos. Em relação aos procedimentos técnicos a pesquisa pode ser classificada como um levantamento de campo que tem por objetivo promover o confronto entre os dados, as evidências, as informações coletadas e o conhecimento teórico acumulado a respeito dele.

Segundo KIMURA (2014), isso pode ser feito a partir do estudo de um problema, que, ao mesmo tempo desperta o interesse do pesquisador e limita sua atividade de pesquisa a uma determinada porção do saber, a qual ele se compromete a construir naquele momento.

### **4.3 Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais em Nascentes - AMIAN**

A Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais em Nascentes (AMIAN), proposta por Gomes et al. (2005), é uma adaptação da Classificação do Grau de Impacto da Nascente do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos de Portugal e do Guia de Avaliação da Qualidade das Águas. Esta metodologia vem sendo adaptada e utilizada por diversos autores na análise de impactos ambientais em nascentes, tais como Felipe (2009); Oliveira et al. (2016); Gomes (2015), Leal et al. (2016) e Souza (2018).

Segundo Leal et al. (2016), a Avaliação Macroscópica das Nascentes é uma metodologia simples, prática, didática e com resultados satisfatórios, que tem por objetivo verificar de forma qualitativa e visual, o grau de conservação em que as nascentes se encontram a partir da identificação dos impactos ambientais negativos presentes na área, para que seja possível elencar medidas mitigadoras aos impactos identificados.

A metodologia consiste em uma análise sensorial, macroscópica, na qual o pesquisador faz observações visuais a olho nu, *in loco*, da área da nascente e de seu entorno. A avaliação macroscópica utiliza fichas com os parâmetros a serem avaliados, a valoração de acordo com a observação de cada parâmetro, de modo a padronizar a coleta dos dados (SOUZA, 2018).

Gomes (2015) adaptou a metodologia proposta por Gomes (2005) e elaborou uma metodologia para a Avaliação Ambiental Macroscópica das Nascentes que contempla um conjunto de 20 (vinte) parâmetros que abordam aspectos legais, geológicos, biológicos, interferências antrópicas e a observação das condições ambientais que refletem a qualidade da preservação da nascente em estudo.

#### **4.3.1 Parâmetros de Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais em Nascentes - AMIAN**

Para realizar a Avaliação Ambiental Macroscópica das Nascentes são avaliados um total de 20 parâmetros. Onde para cada um desses parâmetros são atribuídos os seguintes valores, a depender da avaliação feita pelo pesquisador: (1) sem impacto ou não observável; (3) com

impacto, ou observável; (2) presente em apenas alguns atributos para representar valores intermediários (GOMES, 2015). Os quadros abaixo apresentam os critérios, sua descrição e a valoração a ser adotada no momento da avaliação.

Os critérios e a atribuição de valores foram baseados em Gomes (2015) e na Lei Nº 12.35 de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos e na Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005), que posteriormente foi alterada pela Resolução CONAMA Nº 410/2009 (BRASIL, 2009) e pela Resolução CONAMA Nº 430/2011 (BRASIL, 2011).

#### **Quadro 2. Critérios de magnitude dos impactos ambientais observados nas nascentes**

<b>Critério</b>	<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
Com impacto	3	Impacto ambiental observável a vista desarmada.
Sem impactos ou Não Observável	1	Impacto ambiental não observado ou virtualmente ausente ou não perceptível a vista desarmada.

Fonte: Gomes (2015).

#### **Quadro 3. Atribuição de valores relativos aos processos observados na nascente**

<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
3	Erosão e assoreamento: Se observam feições erosivas na APP, podendo ser resultante de desmatamento, construção de equipamentos de infraestrutura ou qualquer outra ação antrópica.
1	Sem erosão e sem assoreamento.

Fonte: Gomes (2015).

#### **Quadro 4. Atribuição de valores relativos aos processos observados na Área de Preservação Permanente – APP**

<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
3	Erosão e assoreamento: Se observam feições erosivas na APP, podendo ser resultante de desmatamento, construção de equipamentos de infraestrutura ou qualquer outra ação antrópica.
1	Sem erosão e sem assoreamento.

Fonte: Gomes (2015).

#### **Quadro 5. Atribuição de valores relativos à Cor da água**

<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
3	Água com coloração
1	Incolor: cor virtualmente ausente. Não perceptível pela visão. Sem coloração.

Fonte: Gomes (2015).



**Quadro 6. Atribuição de valores relativos à Turbidez**

<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
3	Turva: Água translúcida, com turbidez. Observado da margem com vista desarmada, permite a passagem da luz, podendo ou não ser observado através da água, o substrato da nascente.
1	Isenta de turbidez: Virtualmente ausente. Água transparente, cristalina. Turbidez não perceptível pela visão, com vista desarmada.

Fonte: Gomes (2015).

**Quadro 7. Atribuição de valores relativos ao Odor**

<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
3	Com odor: Existência de odor na água.
1	Inodoro: Odor virtualmente ausente. Não perceptível.

Fonte: Gomes (2015).

**Quadro 8. Atribuição de valores relativos aos Resíduos Sólidos na Nascente**

<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
3	Presente: Um ou mais unidades.
1	Virtualmente ausente: Não perceptível.

Fonte: Gomes (2015).

**Quadro 9. Atribuição de valores relativos aos Resíduos Sólidos na Área de Preservação Permanente da Nascente**

<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
3	Presente: Um ou mais unidades.
1	Virtualmente ausente: Não perceptível.

Fonte: Gomes (2015).

**Quadro 10. Atribuição de valores relativos aos Materiais flutuantes**

<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
3	Presente: Materiais flutuantes observados, encobrendo parcialmente a totalmente a lâmina d'água da nascente.
1	Virtualmente ausente: Não são vistos materiais flutuantes.

Fonte: Gomes (2015).

**Quadro 11. Atribuição de valores relativos aos Óleos e Graxas**

<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
3	Presente: Óleos e/ou graxas observados na lâmina d'água
1	Virtualmente ausente: Não foi observado óleos e graxas na nascente.

Fonte: Gomes (2015).

**Quadro 12. Atribuição de valores relativos ao Esgoto na nascente**

<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
3	Fluxo direto: Se observam fluxos de residências, currais (ou outros criatórios), indústrias ou outra fonte resultante de atividades antrópica caindo diretamente na nascente. Fluxo pluvial: quando a nascente está exposta aos escoamentos pluviais resultantes de chuvas que carregam esgotos e resíduos de residências, currais (ou outros criatórios), indústrias ou outra fonte resultante de atividade antrópica.
1	Virtualmente ausente: Não é perceptível pela visão desarmada.

Fonte: Gomes (2015)

**Quadro 13. Atribuição de valores relativos ao Esgoto na APP**

<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
3	Fluxo direto: Se observam fluxos de residências, currais (ou outros criatórios), indústrias ou outra fonte resultante de atividades antrópica caindo diretamente na APP. Fluxo pluvial: quando a nascente está exposta aos escoamentos pluviais resultantes de chuvas que carregam esgotos e resíduos de residências, currais (ou outros criatórios), indústrias ou outra fonte resultante de atividade antrópica.
1	Virtualmente ausente: Não é perceptível pela visão desarmada.

Fonte: Gomes (2015).

**Quadro 14. Atribuição de valores relativos à potenciais indicativos de Eutrofização**

<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
3	Matéria orgânica e/ou Macrófitas aquáticas: Presença de matéria orgânica de origem antrópica, em suspensão e/ou de macrófitas aquáticas visíveis a vista desarmada.
1	Virtualmente ausente: Não são vistos.

Fonte: Gomes (2015).

**Quadro 15. Atribuição de valores relativos à Vegetação**

<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
3	Suprimida: Vegetação nativa totalmente retirada, podendo estar desmatada e/ou substituída por soja, capim, milho, feijão, arroz, cana de açúcar e outras culturas temporárias.
2	Alterada: Parte da vegetação nativa retirada e/ou substituída por espécies frutíferas, ornamentais e exóticas.
1	Nativa: A vegetação original preservada, podendo enquadrar-se nesta quando a vegetação tiver sido recuperada com espécies da flora original.

Fonte: Gomes (2015).

**Quadro 16. Atribuição de valores relativos aos sinais de acesso de animais à nascente**

<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
3	Observado a presença de animais de criatórios ou domésticos e/ou fezes e/ou pegadas na nascente.
1	Virtualmente ausente: Não são vistos animais, nem fezes, nem pegadas. São virtualmente ausentes (não é perceptível).

Fonte: Gomes (2015)

**Quadro 17. Atribuição de valores relativos aos sinais de acesso de animais na APP**

<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
3	Observado a presença de animais de criatórios ou domésticos e/ou fezes e/ou pegadas na APP.
1	Virtualmente ausente: Não são vistos animais, nem fezes, nem pegadas. São virtualmente ausentes (não é perceptível).

Fonte: Gomes (2015).

**Quadro 18. Atribuição de valores relativos ao uso por humanos**

<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
3	Uso observado: Uso da água da nascente através de canalizações, desvios, bombeamento ou outra forma de captação, para consumo humano, dessedentação animal, lazer, irrigação, criatórios, lavagem de roupas, etc.
2	Esporádico: Captação é realizada esporadicamente em eventos climáticos extremos (secas), desabastecimento público, etc. Realizada de forma pontual e descontínua.
1	Não observado ou Virtualmente Ausente.

Fonte: Gomes (2015).

**Quadro 19. Atribuição de valores relativos ao acesso à nascente**

<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
3	Fácil: Existência de ruas, estradas, caminhos e trilhas. Vegetação de pequeno porte e relevo plano a ondulado.
1	Difícil: Existência de trilhas estreitas em meia à vegetação densa e relevo acidentado com encostas íngremes.

Fonte: Gomes (2015).

**Quadro 20. Atribuição de valores relativos à proximidade da nascente em relação à residências e/ou criatórios**

<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
3	Menos de 50 metros.
2	Observado há mais de 50 metros.
1	Não observado.

Fonte: Gomes (2015).

**Quadro 21. Atribuição de valores relativos aos equipamentos de infraestrutura**

<b>Valoração</b>	<b>Descrição</b>
3	Menos de 50 metros.
2	Observado há mais de 50 metros.
1	Não observado.

Fonte: Gomes (2015).

**Quadro 22. Atribuição de valores relativos à APP (raio de 50 metros no entorno da nascente)**

Valoração	Descrição
3	Impactada: Observado interferência antrópica, desmatamento, compactação do solo, fácil acesso, presença de animais, erosão e assoreamento. Presença de equipamentos de infraestrutura e de resíduos sólidos e/ou esgotos. Pode preservar parte de suas características naturais.
1	Preservada: em seu estado natural.

Fonte: Gomes (2015).

O Quadro 23 sintetiza as informações detalhadas entre os Quadros 2-22.

**Quadro 23. Ficha de Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais em Nascentes**

Parâmetros	Valoração dos parâmetros		
	1	2	3
Processos observados na nascente	Sem erosão e/ou sem assoreamento	-	Erosão e/ou assoreamento
Processos observados na APP	Sem erosão e/ou sem assoreamento	-	Erosão e/ou assoreamento
Cor na água	Incolor	-	Com coloração
Turbidez	Isenta de turbidez	-	Turva
Odor	Inodoro	-	Com odor
Resíduos sólidos dentro da nascente	Virtualmente ausente	-	Presente
Resíduos sólidos na APP da nascente	Virtualmente ausente	-	Presente
Materiais flutuantes	Virtualmente ausente	-	Presente
Óleos e graxas	Visualmente ausente	-	Presente
Esgoto na APP	Virtualmente ausente	-	Fluxo direto/pluvial
Esgoto na Nascente	Virtualmente ausente	-	Fluxo direto/pluvial
Eutrofização	Virtualmente ausente	-	Macrófitas aquáticas e/ou Matéria Orgânica
Vegetação	Preservada	Alterada	Suprimida
Sinais de acesso de animais à nascente	Virtualmente ausente	-	Presente
Sinais de acesso de animais à APP	Virtualmente ausente	-	Presente
Uso por humanos	Virtualmente ausente	Esporádico	Uso observado
Acesso à nascente por humanos	Difícil	-	Fácil
Proximidade com residências e/ou criatórios	Não observado	Mais de 50 metros	Menos de 50 metros
Equipamentos de infraestrutura	Não observado	Mais de 50 metros	Menos de 50 metros
APP (raio de 50 metros a partir da nascente)	Preservada	-	Impactada

Fonte: Gomes (2015).

#### 4.4 Índice de Qualidade Ambiental das Nascentes - IQAN

O Índice de Qualidade Ambiental das Nascentes – IQAN é determinado através somatório dos pontos de todos os parâmetros avaliados para cada nascente, definindo um grau de preservação que reflete a qualidade ambiental do ambiente em que ela está situada. Gomes (2015) estabeleceu a seguinte classificação de acordo com a pontuação total obtida.

**Quadro 24. Índice de Qualidade Ambiental das Nascentes**

Pontuação Final	Grau de Preservação
De 20 a 32 pontos	Preservada
De 33 a 46 pontos	Moderadamente preservada
De 47 a 60 pontos	Degradada

Fonte: Gomes (2015).

#### 4.5 Coleta dos dados

O presente estudo teve a coleta de dados dividida em duas etapas. Na primeira etapa, realizou-se um levantamento bibliográfico em meio físico e digital acerca do tema a ser abordado através de livros, artigos científicos, monografias, dissertações, teses e documentos.

A localização da nascente, das Sub-bacias Hidrográficas e cursos hídricos se deu através de análise em software *GIS* dos dados vetoriais disponibilizado através da plataforma *Geoportal Seplan* (SPELAN, 2012) Através destas informações foi possível a confecção dos mapas temáticos e planejamento das etapas de levantamento de informações “*in-loco*”.

A segunda etapa constitui-se de levantamentos de informações “*in-loco*” com objetivo de registrar, caracterizar e diagnosticar a situação atual das nascentes do Córrego Cachimbo. Foram realizados dois levantamentos de dados em campo na área das nascentes da Sub-Bacia Hidrográfica do Córrego Cachimbo, o primeiro levantamento ocorreu no mês de setembro de 2021, durante o período seco do ano hidrológico, e o segundo levantamento ocorreu no mês de janeiro de 2022, durante o período úmido. Estes dois levantamentos permitiram acompanhar mudanças nas características das nascentes e nos impactos ambientais entre o período seco e úmido.

Através do uso de um smartphone foi possível obter as coordenadas geográficas e realizar o levantamento fotográfico da nascente e sua área de preservação permanente.

Para o levantamento fotográfico utilizou-se além do aplicativo nativo da câmera do smartphone, um segundo aplicativo denominado *TimeStamp Camera* que permite o registro das imagens apresentando as coordenadas geográficas, além da data, horário em que as mesmas foram geradas.

Para o registro das informações da Avaliação Ambiental Macroscópica em Nascentes apresentada no tópico anterior utilizou-se o aplicativo *ODK Collect* que é capaz de criar e aplicar formulários de modo offline, sendo ideal para trabalhos em campo em locais remotos. e posteriormente enviar as informações coletadas para uma pasta no *Google Drive* assim que a disponibilidade de internet for reestabelecida.

#### **4.6 Análise dos dados**

As informações coletadas na etapa de levantamento bibliográfico e de levantamento “*in-loco*” foram compiladas e organizadas através um notebook utilizando-se de softwares de planilha para realização dos cálculos e melhor organização dos dados e de software *GIS* para confecção dos mapas temáticos e espacialização dos dados.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta pesquisa avaliou os impactos ambientais aos quais as nascentes da Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Cachimbo estão sendo submetidas através da coleta de informações “*in loco*” em três levantamentos de campo realizados entre os meses de setembro de 2021 e janeiro de 2022.

Nos dois levantamentos percorreu-se o perímetro da sub-bacia hidrográfica que de acordo com os shapes de hidrografia da SEPLAN (2012) havia a possibilidade da existência de nascentes. A rota das vistorias foi mantida durante as expedições de modo a observar ao longo do tempo possíveis mudanças nas características das nascentes ou nos impactos ambientais.

Através destes levantamentos foi possível identificar a existência de uma nascente perene (Nascente I) que mantém o afloramento de água durante todo período seco e outras duas nascentes intermitentes (Nascentes II e III), localizadas a montante da nascente perene, que só apresentaram afloramento durante o período chuvoso.

Com auxílio de um GPS registrou-se as coordenadas geográficas das nascentes identificadas durante os levantamentos conforme demonstrado no Quadro 25

**Quadro 25. Localização geográfica das nascentes identificadas**

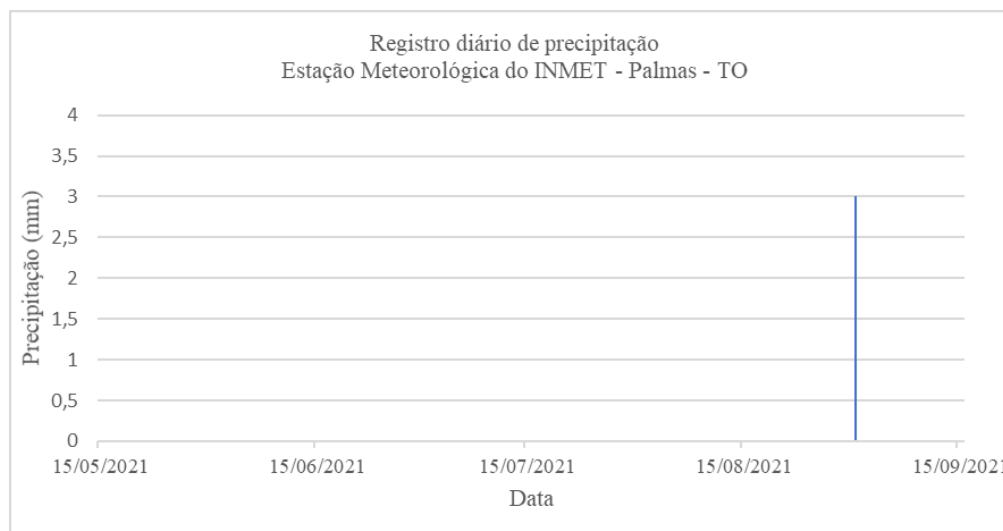
Nascentes	Coordenadas geográficas das nascentes identificadas
Nascente I	10° 09' 09" Sul 48° 18' 57" Oeste
Nascente II	10° 09' 20" Sul 48° 18' 37" Oeste
Nascente III	10° 09' 12" Sul 48° 18' 43" Oeste

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

### 5.1 Primeiro levantamento de campo

O primeiro levantamento de campo ocorreu no dia 15 do mês de setembro de 2021. Conforme demonstrado na Figura 9, nos quatro meses anteriores houve apenas um registro de precipitação com total acumulado de 3,0 mm na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia localizada na cidade. Conforme Goularte; Marcuzzo (2013) o mês de setembro no estado do Tocantins é considerado um mês de transição de entre o período úmido e seco no estado do Tocantins.

**Figura 9. Precipitação diária de 15/05/2021 a 15/09/2021 no município de Palmas - TO.**



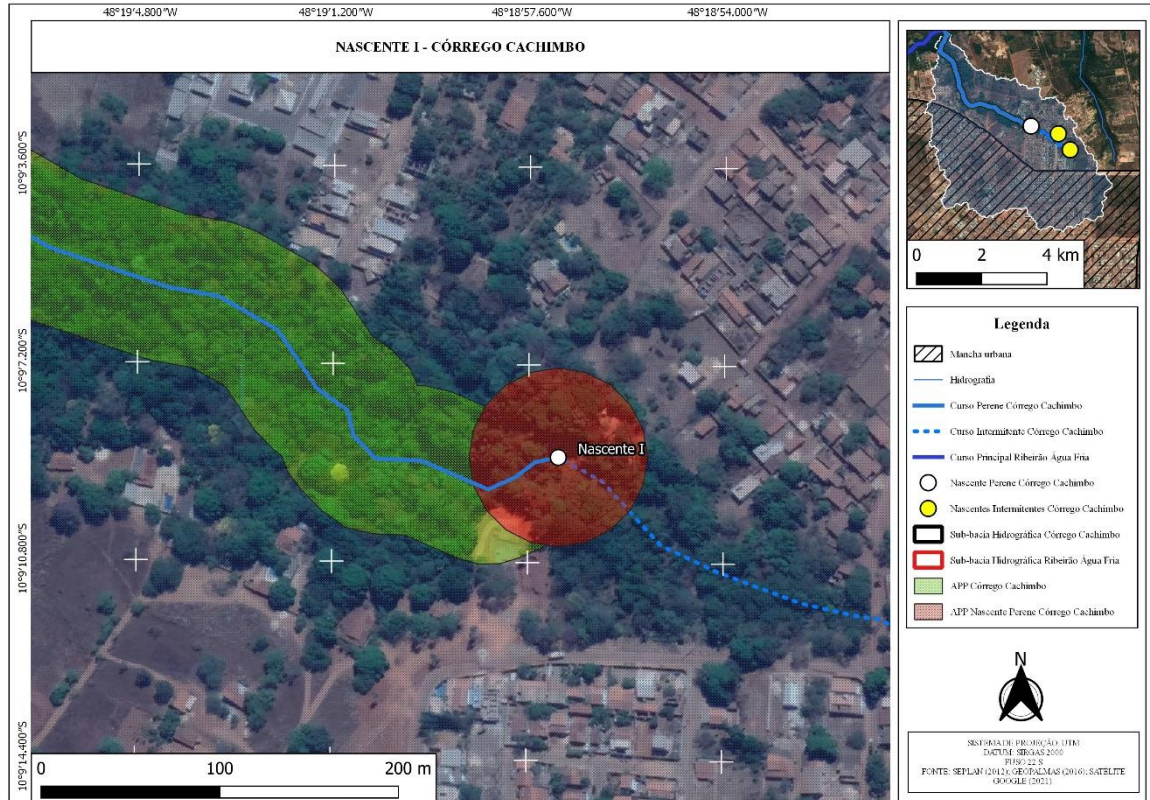
Fonte: INMET (2022).

Neste primeiro levantamento apenas a Nascente I apresentou afloramento de água, as demais nascentes (II e III) estavam completamente secas. Portanto neste primeiro levantamento foi realizada a aplicação da AMIAN apenas na Nascente I.



### 5.1.1 Aplicação da AMIAN na Nascente I do Córrego Cachimbo

**Figura 10. Mapa de localização da Nascente I**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A Nascente I (Figura 10) apresentou características semelhantes a uma nascente difusa, com múltiplos pontos de afloramento de água (Figura 11). O acesso para nascente é fácil e livre, pois existem ruas a pouco mais de 50 metros do interior da nascente e existem trilhas que levam ao curso hídrico e conseqüentemente a nascente. Não existem grades ou cercas que impeçam o acesso de humanos ou animais até o interior da nascente ou da Área de Preservação Permanente. A água que aflora da nascente não apresentou turbidez ou presença líquidos semelhantes a óleos e graxas na superfície da lâmina d'água. Foi possível identificar a presença de isopor como material flutuante na superfície da água da nascente.

**Figura 11. Afloramento na Nascente I**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A nascente está localizada no interior de uma depressão no solo que foi progressivamente erodida pela força da água proveniente das chuvas desviadas e concentradas em um canal de concreto a montante da nascente construído por particulares (Figura 12). Este canal tem por objetivo desviar a água das chuvas que escoam pelas ruas do setor Lago Norte (que não possui sistema de drenagem pluvial) para o interior da mata na qual localiza-se a nascente e o córrego.

A impermeabilização do solo e o traçado inadequado das ruas são outro fator importante que contribui para o assoreamento e a erosão nos canais fluviais, pois a velocidade de escoamento da água aumenta o arraste de resíduos sólidos dos corpos hídricos e deteriora a qualidade da água pluvial em rios urbanos (Galetti, 1985; Collischonn, 1998; Tucci, 2008).

**Figura 12. Canal de concreto que direciona a água pluvial para o interior da área da nascente**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Em alguns pontos no interior da nascente foi possível observar a formação de pequenas acumulações de água de coloração esverdeada em decorrência da proliferação de algas (Figura 13), provável indicação de eutrofização decorrente da decomposição de materiais orgânicos coloidais, como folhas, madeiras, esgotos domésticos e efluentes industriais (taninos, anilinas, lignina e celulose) e inorgânicos (como compostos de ferro e manganês) naturais transportados pelas águas pluviais. (Colet, 2012; Gomes, 2015).

Neste local possível sentir um forte odor exalado pela água. O odor pode ser resultante de causas naturais, como vegetação em decomposição, bactérias, fungos e compostos orgânicos como gás sulfídrico, dentre outros, ou artificiais (esgotos in natura domésticos e industriais) (Gomes, 2015). Apesar de não ter sido possível observar lançamento direto de esgoto na área da nascente, devido a existência desse canal de concreto que concentra as águas pluviais do setor Lago Norte, não é possível descartar a possibilidade de que efluentes líquidos sejam transportados para o interior da nascente através da água das chuvas.



**Figura 13. Água com proliferação de algas em um dos afloramentos no interior da área da nascente**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Foi possível observar uma grande quantidade de resíduos sólidos de construção civil no interior da nascente (Figura 14 e Figura 15 ), estes resíduos provavelmente são provenientes do material que antes constituía o canal de concreto que com o passar do tempo foi se degradando e o material foi se depositando no interior da nascente. Também foi possível observar a presença de resíduos sólidos urbanos como sacolas plásticas e latas de alumínio no interior da área da nascente. A deposição inadequada de resíduos em fundos de vale e cursos d'água favorece abrigo e a proliferação de vetores que transmitem zoonoses, pode gerar contaminação dos corpos hídricos e do solo, assoreamento e enchentes (FUNASA, 2004; Mucelin e Bellini,2008).

**Figura 14. Resíduos Sólidos de Construção Civil no interior da área da nascente**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

**Figura 15. Resíduos Sólidos Urbanos no interior da área da nascente**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Foi possível observar a presença de exemplares de espécies invasoras como *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*) no interior da nascente, indicativo que pode evidenciar características de áreas antropizadas, sendo esta espécie considerada uma das 100 espécies invasoras mais agressivas do planeta, pois a mesma dificulta o estabelecimento de espécies nativas (Costa e Durigan, 2010; IUCN, 2017).

Dentro da Área de Preservação Permanente da Nascente foi possível observar a existência de residências a pouco menos de 20 metros a montante da nascente e a cerca de 40

metros a jusante da nascente existe uma galeria de lançamento de drenagem pluvial implantado no ano de 2021 que atende ao bairro Santo Amaro I e II (Figura 16)

**Figura 16. Sistema de lançamento de drenagem que atende ao Setor Santo Amaro I e II**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O Quadro 26 apresenta a valoração dos resultados da AMIAN para a Nascente I do Córrego Cachimbo mencionados anteriormente.



**Quadro 26. Resultados da AMIAN para a Nascente I**

<b>Parâmetros</b>	<b>Condição observada</b>	<b>Valoração dos parâmetros</b>
Processos observados na nascente	Erosão e/ou assoreamento	3
Processos observados na APP	Erosão e/ou assoreamento	3
Cor na água	Com coloração	3
Turbidez	Isenta de turbidez	1
Odor	Com odor	3
Resíduos sólidos dentro da nascente	Presente	3
Resíduos sólidos na APP da nascente	Presente	3
Materiais flutuantes	Presente	3
Óleos e graxas	Virtualmente ausente	1
Esgoto na APP	Fluxo pluvial	3
Esgoto na Nascente	Fluxo pluvial	3
Eutrofização	Macrófitas Aquáticas	3
Vegetação	Alterada	2
Sinais de acesso de animais à nascente	Presente	3
Sinais de acesso de animais à APP	Presente	3
Uso por humanos	Virtualmente ausente	1
Acesso à nascente por humanos	Fácil	3
Proximidade com residências e/ou criatórios	Menos de 50 metros	3
Equipamentos de infraestrutura	Menos de 50 metros	3
APP (raio de 50 metros a partir da nascente)	Impactada	3

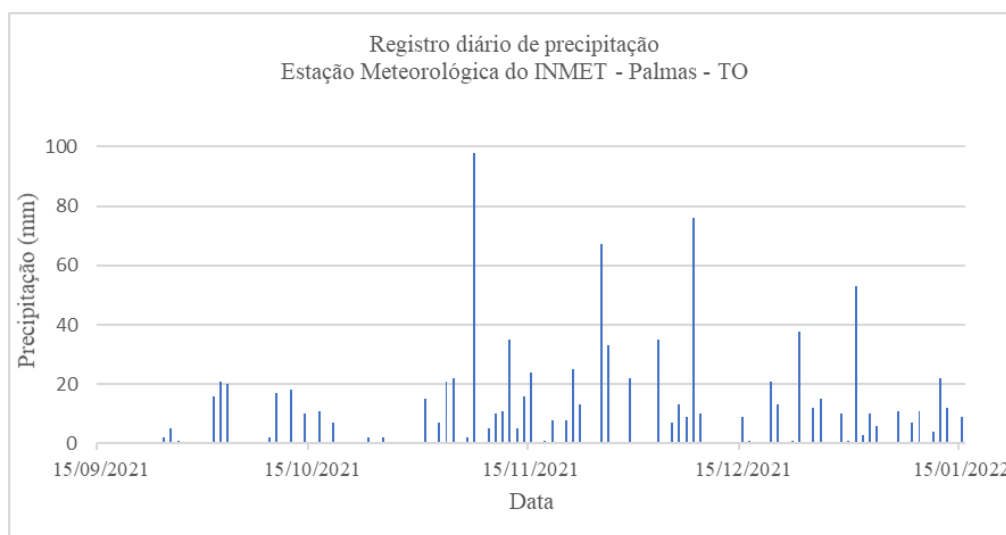
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

## 5.2 Segundo levantamento de campo

O segundo levantamento de campo ocorreu no dia 14 do mês de janeiro de 2022. Conforme demonstrado no Figura 17, nos quatro meses anteriores o volume total acumulado de precipitação na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia localizada na cidade de Palmas - TO totalizou 1002,9 mm. Houve registro de precipitação no dia anterior ao segundo levantamento de campo.

Conforme Goularte; Marcuzzo (2013) o mês de janeiro está inserido no período úmido do estado do Tocantins que se estende de outubro a abril.

**Figura 17. Precipitação diária de 15/09/2021 a 15/01/2022 no município de Palmas - TO.**



Fonte: INMET (2021).

No segundo levantamento constatou-se o afloramento de água nas Nascentes II e III, que estavam secas no levantamento anterior. Não foi possível a aplicação da AMIAN no ponto onde anteriormente foi identificada a Nascente I, pois neste local o curso hídrico do Córrego Cachimbo já estava consolidado devido ao afloramento das Nascentes II e III localizadas a montante.



### 5.2.1 Aplicação da AMIAN na Nascente II do Córrego Cachimbo

**Figura 18. Mapa de localização da Nascente II**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A Nascente II (Figura 18) é uma nascente intermitente que apresentou características semelhantes a uma nascente difusa, com múltiplos pontos de afloramento de água (Figura 19). O acesso para nascente é fácil e livre não existem grades ou cercas que impeçam o acesso de humanos ou animais a nascente. Foi possível também observar a existência de uma pequena estrada de terra que passa nas proximidades onde transitam veículos de pequeno porte (Figura 20).

**Figura 19. Afloramento de água na Nascente II**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

**Figura 20. Estrada ao lado da Nascente II**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Foi possível identificar a existência de resíduos sólidos urbanos como sacolas plásticas, latinhas de alumínio, pneus e calçados nas proximidades da nascente (Figura 21 e Figura 22)



**Figura 21. Resíduos sólidos urbanos na proximidade da Nascente II**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

**Figura 22. Resíduos sólidos urbanos na proximidade da Nascente II**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Devido à proximidade com a estrada que passa pelo local a constante movimentação dos veículos propiciou a suspensão de sedimentos na água fazendo com que a água apresentasse elevada turbidez poucos metros após o afloramento de água. Não foi identificado odor na amostra de água nem sinais de eutrofização. Não foi possível observar a olho nú a presença de óleos e graxas na lâmina d'água ou de materiais sólidos flutuantes.

A vegetação encontra-se bem preservada, sem sinais de supressão vegetal ou presença de exemplares de espécies exóticas e/ou ornamentais. Foram identificadas residências nas proximidades da nascente e a presença de cães domésticos (*Canis lupus familiaris*). Não foram identificados sinais de erosão ou assoreamento na localidade da nascente ou em sua APP.

O Quadro 27 apresenta a valoração dos resultados da AMIAN para a Nascente II do Córrego Cachimbo mencionados anteriormente.

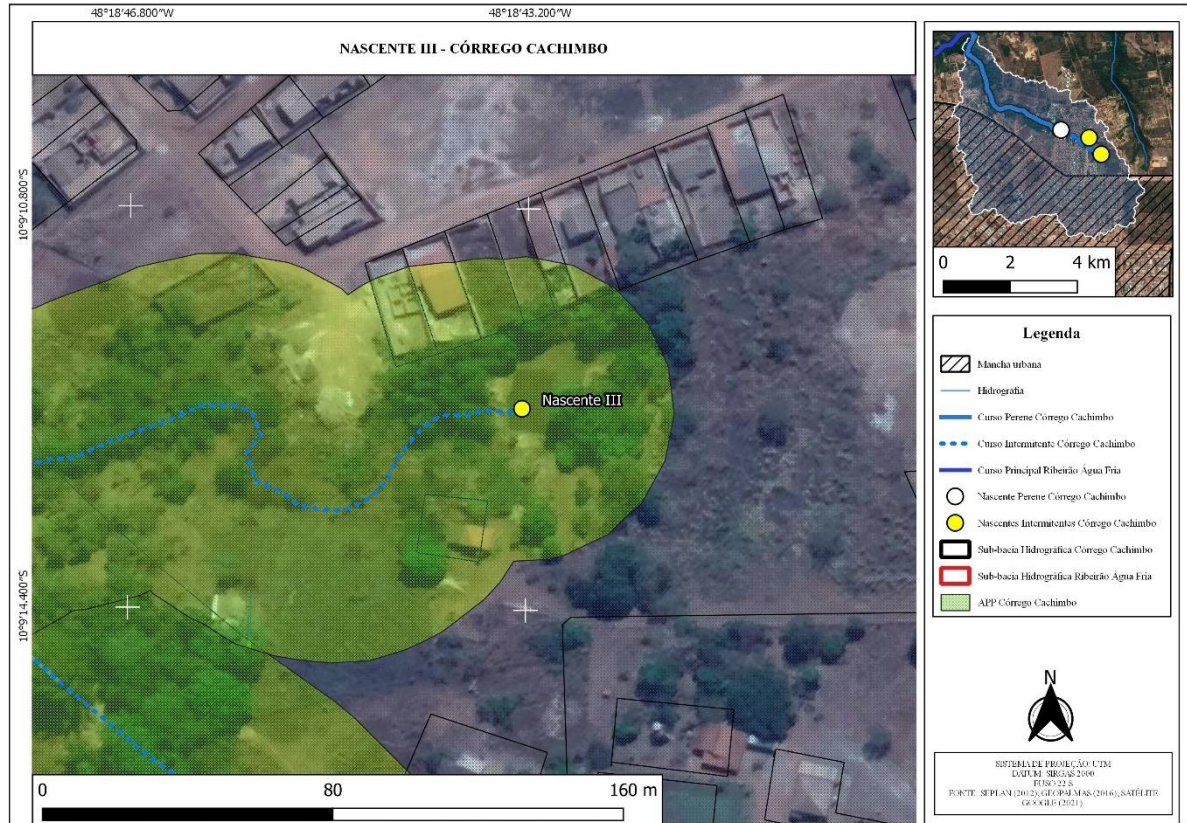
**Quadro 27. Resultados da AMIAN para a Nascente II**

Parâmetros	Condição observada	Valoração dos parâmetros
Processos observados na nascente	Sem erosão e/ou assoreamento	1
Processos observados na APP	Sem erosão e/ou assoreamento	1
Cor na água	Incolor	1
Turbidez	Turva	3
Odor	Inodora	1
Resíduos sólidos dentro da nascente	Presente	3
Resíduos sólidos na APP da nascente	Presente	3
Materiais flutuantes	Virtualmente ausente	1
Óleos e graxas	Virtualmente ausente	1
Esgoto na APP	Virtualmente ausente	1
Esgoto na Nascente	Virtualmente ausente	1
Eutrofização	Virtualmente ausente	1
Vegetação	Preservada	1
Sinais de acesso de animais à nascente	Presente	3
Sinais de acesso de animais à APP	Presente	3
Uso por humanos	Virtualmente ausente	1
Acesso à nascente por humanos	Fácil	3
Proximidade com residências e/ou criatórios	Menos de 50 metros	3
Equipamentos de infraestrutura	Menos de 50 metros	3
APP (raio de 50 metros a partir da nascente)	Impactada	3

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

### 5.2.2 Aplicação da AMIAN na Nascente III do Córrego Cachimbo

**Figura 23. Mapa de localização da Nascente III**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A Nascente III (Figura 23) é uma nascente intermitente que apresentou uma característica semelhante a uma nascente difusa cujo afloramento está localizado no interior de uma represa. Essa represa, de origem antrópica, é abastecida diretamente pelo afloramento da Nascente III (Figura 24) e encontrava-se cheia no momento do segundo levantamento de campo, contrastando com o observado no primeiro levantamento onde encontrava-se totalmente seca.



**Figura 24. Represa formada pelo afloramento da Nascente III**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Devido sua beleza cênica e o grande volume de água o local é utilizado por moradores locais para banho, no momento do levantamento haviam 15 pessoas no local realizando consumo de bebidas alcoólicas e de refeições. Juntamente com os moradores haviam exemplares de cães domésticos (*Canis lupus familiaris*).

A água não apresentava odor, turbidez ou coloração. A vegetação no entorno da APP encontra-se alterada devido a presença de espécies exóticas invasoras como a Leucena (*Leucaena leucocephala*). Foi possível identificar uma quantidade considerável de resíduos sólidos urbanos e de resíduos de construção civil nas proximidades e no interior da nascente (Figura 25, Figura 26 e Figura 27). Foram identificados materiais flutuantes como sacolas plásticas e isopor na superfície da água da nascente.

**Figura 25. Resíduos sólidos urbanos no interior da Nascente III**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

**Figura 26. Resíduos sólidos urbanos nas proximidades da Nascente III**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).



**Figura 27. Resíduos sólidos de construção civil depositados nas proximidades da Nascente III**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O local encontra-se próximo a residências e a vias urbanas não pavimentadas do setor Lago Norte. (Figura 28).

**Figura 28. Residências nas proximidades da Nascente III**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Não foi possível identificar o fluxo direto de esgoto para o interior da nascente e de sua correspondente APP, porém, devido à inexistência de sistema de coleta e tratamento de esgoto no setor Lago Norte e a proximidade de residências com a nascente, não é possível descartar o transporte de efluentes por fluxo pluvial.



O Quadro 28 apresenta os resultados da AMIAN para a Nascente III do Córrego Cachimbo.

**Quadro 28. Resultados da AMIAN para a Nascente III**

Parâmetros	Condição observada	Valoração dos parâmetros
Processos observados na nascente	Sem erosão e/ou assoreamento	1
Processos observados na APP	Sem erosão e/ou assoreamento	1
Cor na água	Incolor	1
Turbidez	Isenta de turbidez	1
Odor	Inodora	1
Resíduos sólidos dentro da nascente	Presente	3
Resíduos sólidos na APP da nascente	Presente	3
Materiais flutuantes	Presente	3
Óleos e graxas	Virtualmente ausente	1
Esgoto na APP	Fluxo pluvial	3
Esgoto na Nascente	Fluxo pluvial	3
Eutrofização	Virtualmente ausente	1
Vegetação	Alterada	2
Sinais de acesso de animais à nascente	Presente	3
Sinais de acesso de animais à APP	Presente	3
Uso por humanos	Uso observado	3
Acesso à nascente por humanos	Fácil	3
Proximidade com residências e/ou criatórios	Menos de 50 metros	3
Equipamentos de infraestrutura	Menos de 50 metros	3
APP (raio de 50 metros a partir da nascente)	Impactada	3

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

### 5.3 Aplicação do IQAN para as Nascentes do Córrego Cachimbo

O Índice de Qualidade Ambiental das Nascentes – IQAN é determinado através somatório dos pontos obtidos para cada parâmetro avaliados na AMIAN em cada nascente, definindo um grau de preservação que reflete a qualidade ambiental do ambiente na que ela está situada. O Quadro 29 sintetiza as valorações observadas a partir a aplicação da AMIAN para as três nascentes do Córrego Cachimbo.

**Quadro 29. Valorações obtidas a partir da aplicação da AMIAN nas nascentes do Córrego Cachimbo**

<b>Parâmetros</b>	<b>Nascente I</b>	<b>Nascente II</b>	<b>Nascente III</b>
Processos observados na nascente	3	1	1
Processos observados na APP	3	1	1
Cor na água	1	1	1
Turbidez	1	3	1
Odor	3	1	1
Resíduos sólidos dentro da nascente	3	3	3
Resíduos sólidos na APP da nascente	3	3	3
Materiais flutuantes	3	1	3
Óleos e graxas	1	1	1
Esgoto na APP	3	1	3
Esgoto na Nascente	3	1	3
Eutrofização	3	1	1
Vegetação	2	1	2
Sinais de acesso de animais à nascente	3	3	3
Sinais de acesso de animais à APP	3	3	3
Uso por humanos	1	1	3
Acesso à nascente por humanos	3	3	3
Proximidade com residências e/ou criatórios	3	3	3
Equipamentos de infraestrutura	3	3	3
APP (raio de 50 metros a partir da nascente)	3	3	3
<b>IQAN</b>	<b>51</b>	<b>38</b>	<b>45</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

De acordo com Gomes (2015) o somatório do IQAN entre 20 a 32 pontos indica uma nascente com grau de preservação considerado como “preservada”. Para pontuações entre 33 e 46 pontos a nascente é considerada “moderadamente preservada”. Em pontuações superiores a 47 pontos a nascente pode ser considerada como “degradada”. Deste modo é possível classificar o grau de conservação das nascentes do Córrego Cachimbo conforme demonstra o Quadro 30.

**Quadro 30. Grau de conservação das Nascente do Córrego Cachimbo**

<b>Nascentes</b>	<b>Grau de preservação</b>
Nascente I	Degradada
Nascente II	Moderadamente Preservada
Nascente III	Moderadamente Preservada

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Dentre as três nascentes do Córrego Cachimbo avaliadas neste trabalho, nenhuma obteve a classificação de nascente Preservada, duas (66,7%) podem ser classificadas como “Moderadamente Preservadas” e uma (33,7%) recebeu a classificação de nascente “Degradada”.

A Nascente III embora tenha sido classificada como “Moderadamente Preservada”, encontra-se em sua situação sensível, de acordo com o IQAN a nascente encontra-se a apenas 01 ponto do necessário para classificação como uma nascente “Degradada”.

Ao aplicar a metodologia da avaliação ambiental macroscópica de impactos ambientais em 64 nascentes localizadas na Serra dos Matões, município de Pedro II, estado do Piauí, Gomes (2015) constatou que 45% das nascentes estudadas foram consideradas como Preservadas, 52% como Moderadamente Preservadas e 3% das nascentes foram classificadas como Degradadas.

Souza (2018) aplicou a AMIAN em 17 nascentes urbanas do município de Sorocaba - SP e constatou que nenhuma das nascentes avaliadas obteve classificação ótima (equivalente a Preservada), 53% obtiveram a classificação razoável ou ruim (equivalente a Moderadamente Preservada) e 7% obteve a classificação péssima (equivalente a Degradada).

#### **5.4 Considerações sobre as condições observadas nas nascentes**

A partir da aplicação da AMIAN nas nascentes do Córrego Cachimbo foi possível identificar alguns parâmetros que podem ocasionar impactos ambientais e que foram encontradas em todas as três nascentes avaliadas: A presença de resíduos sólidos urbanos nas nascentes e na APP; A facilidade de acesso de humanos a nascente; A existência de residências e equipamentos de infraestrutura dentro da APP e impactos ambientais na APP da nascente.

Estes problemas também foram observados por outros autores através de trabalhos semelhantes. Gomes (2015) em seu levantamento com 64 nascentes no estado do Piauí identificou que em 70% das nascentes avaliadas foi possível constatar a existência de resíduos sólidos no interior da APP da nascente. O acesso às nascentes foi considerado fácil em 73% dos casos. Em 67% das nascentes foi identificada a presença de infraestruturas no interior da APP que foi considerada impactada em 81% das localidades visitadas pelo autor.

Souza (2018) em seu levantamento com 17 nascentes urbanas do município de Sorocaba-SP, identificou que em 93% das nascentes urbanas avaliadas, foi possível identificar a deposição irregular de resíduos sólidos urbanos no interior da nascente. A autora também

observou a presença perceptível de seres humanos no interior das nascentes em 76% das nascentes vistoriadas, enquanto que de animais domésticos ocorreu em 41% das nascentes. Em 100% das nascentes vistoriadas pela pesquisadora haviam a presença de residências, equipamentos de infraestrutura no interior da APP da nascente e em 88% não havia nenhum tipo de proteção quem impedisse o acesso de animais domésticos ou seres humanos ao interior da nascente.

A implantação de um programa de educação ambiental com a comunidade do entorno da nascente visando a conscientização dos moradores sobre a importância da preservação da área e a consequência direta de suas ações na qualidade da água do Córrego Cachimbo pode ser benéfico para que os impactos diagnosticados, como o despejo inadequado de resíduos sólidos, sejam atenuados com boas práticas da população.

Alterações na APP como as identificadas neste trabalho podem ser causadas ou potencializadas pela urbanização. O cercamento das áreas de preservação permanente evita a entrada de animais domésticos que eventualmente causam danos à revitalização das matas ciliares bem como inibe a presença de pessoas que possam vir a realizar despejo de resíduos sólidos ou efluentes no local. (SOUZA, 2018).

As Áreas de Preservação Permanente possuem a função de preservar os recursos hídricos, o solo, a biodiversidade, garantir o fluxo gênico da fauna e flora, e garantir a qualidade da água, uma vez que minimizam o contato direto dos poluentes superficiais com a água dos mananciais. Na área urbana as APP auxiliam na manutenção da permeabilidade do solo, na atenuação de desequilíbrios climáticos intraurbanos e atuam como refúgio para a fauna e proteção para os corpos hídricos. (BRASIL, 2012)

Considerando o comportamento de mobilidade das nascentes levantado por este trabalho, recomenda-se a implantação de uma nova área de preservação permanentes das nascentes conforme proposto por Souza et al. (2019), que não se resume a um buffer de 50 metros fixo no ponto da nascente e sim uma área que acompanha o deslocamento da nascente durante o ano hidrológico permitindo a proteção da nascente durante tanto no período chuvoso quanto no período de estiagem (Figura 29).

**Figura 29. Proposta de delimitação da nova Área de Preservação Permanente da Nascente do Córrego Cachimbo considerando sua mobilidade**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O setor Lago Norte carece urgentemente da implantação de infraestrutura básica de pavimentação asfáltica, drenagem pluvial e esgotamento sanitário que amenizem os problemas causados pelo carreamento de sedimentos e efluentes pelas vias não asfaltadas para o interior do leito do Córrego Cachimbo e também melhorem a qualidade de vida da população. Porém a implantação destes equipamentos públicos só será possível após o fim do processo de regularização fundiária da área. A implantação da drenagem pluvial, com os devidos mecanismos de redução de velocidade da água no ponto de lançamento poderá reduzir a quantidade de sedimentos carreados ao leito do córrego retardando o processo de assoreamento no qual o corpo hídrico está sendo submetido.

Porém, a implantação do sistema de drenagem pluvial não irá solucionar por si só os problemas causados pela erosão hídrica no local da nascente. É necessária a recomposição vegetal da Área de Preservação Permanente que atuará como redutora da velocidade das águas pluviais e também como barreira natural para o carreamento de resíduos sólidos urbanos para o local da nascente e do curso hídrico.

A criação de parques lineares ou praças nas áreas verdes próximas a estas nascentes também pode ser uma ferramenta útil de integração entre sociedade e meio ambiente, permitindo o uso sustentável da área e ao mesmo tempo sensibilizando a população sobre a importância de sua preservação e manutenção.

Também deve-se atentar para implantação de projetos que visem potencializar a recarga do lençol freático na área da bacia de cabeceira da nascente, através da implantação de áreas verdes urbanas com finalidade paisagística e ambiental e de bacias de retenção de água que servirão para retardar a velocidade de chegada das águas pluviais no curso hídrico permitindo o lento processo de infiltração da água no solo e consequente recarga do lençol freático.

## 6. CONCLUSÃO

Através deste trabalho identificou-se a existência de três nascentes que dão origem ao curso hídrico do Córrego Cachimbo no município de Palmas - TO. A Nascente I (Figura 10) é uma nascente perene cujo afloramento persiste mesmo durante o período seco. As Nascente II e III (Figura 18 e Figura 23) são nascentes intermitentes que apresentam afloramento apenas durante o período úmido.

A Nascente I foi classificada como “Degradada”. Nenhuma nascente pode ser classificada como “Preservada”. Dentre os impactos ambientais identificados a partir a aplicação da Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais em Nascentes alguns são comuns as três nascentes vistoriadas: A presença de resíduos sólidos urbanos nas nascentes e na APP; A facilidade de acesso de humanos a nascente; A existência de residências e equipamentos de infraestrutura dentro da APP e impactos ambientais na APP da nascente.

A mitigação destes impactos identificados é um processo que deverá envolver o poder público e a comunidade local através da regularização fundiária do bairro Lago Norte, visando a adequação das Áreas de Preservação Permanente que hoje são ocupadas por residências, implementação de programas de educação ambiental e estudos que acompanhem o comportamento de mobilidade da nascente do Córrego Cachimbo ao longo dos anos hidrológicos.

As Nascentes II e III do Córrego Cachimbo foram classificadas através do Índice de Qualidade Ambiental das Nascentes como “Moderadamente preservadas”. Porém a Nascente III encontra-se no limite superior do IQAN em uma situação sensível podendo evoluir para uma classificação como nascente “Degradada”.

A AMIAN demonstrou-se uma metodologia de fácil aplicação e muito útil no trabalho de campo ao identificar e orientar o pesquisador sobre os parâmetros a serem observados no trabalho de identificação de impactos ambientais em nascentes. Esta metodologia pode ser replicada pela administração municipal como uma ferramenta importante para monitoramento qualitativo contínuo do grau de conservação das nascentes.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, Raphael. T. de V. et al. **Saneamento**. Vol. 2. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

BRASIL. Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005, n. 053, p. 58-63. 2005.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA n. 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 mai. 2011. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>>. Acesso: 29 jan. 2022.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA n. 410, de 04 de maio de 2009. Prorroga o prazo para complementação das condições e padrões de lançamento de efluentes, previsto no art. 44 da Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, e no art. 3° da Resolução n° 397, de 3 de abril de 2008., do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 5 mai. 2009. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=111073>>. Acesso em: 29 jan. 2022.

\_\_\_\_\_. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 03. ago. 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)> Acesso em: 20 jul. 2021.

\_\_\_\_\_. Código Florestal Brasileiro. Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)>. Acesso em: 20 jul. 2021.

BRITES, Ana Paula. Z. Avaliação da qualidade da água e dos resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana. 2005. 177 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005. Disponível em: <[http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde\\_arquivos/20/TDE2007-02-21T112948Z393/Publico/ANAPAU LABRITES1.pdf](http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_arquivos/20/TDE2007-02-21T112948Z393/Publico/ANAPAU LABRITES1.pdf)>. Acesso em: 29 jan. 2022.

CALHEIROS, R. de O.; TABAI, F. C. V.; BOSQUILIA, S. V. ; CALAMARI, M. **Preservação e Recuperação das Nascentes** / Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ - CTRN, 2004, 53p. Disponível em: <[http://www.agabrasil.org.br/\\_Dinamicos/cartilha\\_nascentes\\_1\\_.pdf](http://www.agabrasil.org.br/_Dinamicos/cartilha_nascentes_1_.pdf)>. Acesso em 29 jan. 2022.



CALHEIROS, R. de O.; TABAI, F.C.V.; BOSQUILIA, S. V.; CALAMARI, M. Preservação e recuperação das nascentes de água e vida. **Cadernos da Mata Ciliar**. São Paulo: SMA, 2009.

CÂMARA, F. de M. M. Avaliação da qualidade da água do rio Poti na Cidade de Teresina, Piauí. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 2011. Tese (Doutorado em Geografia) - Rio Claro, SP, 2011.

CARVALHO, D. F. e SILVA, L. D. B. **Apostila de Hidrologia**. UFRRJ, 2006.

COLET, K. M. 2012. **Avaliação do impacto da urbanização sobre o escoamento superficial na Bacia do Córrego do Barbado**, Cuiabá/MT, 151 p.

CORIOLOANO, G. P. **Plano Diretor Participativo de Palmas**: análise da aplicação de instrumentos urbanísticos para a redução das desigualdades socioterritoriais. Palmas: dissertação de mestrado (Desenvolvimento Regional).PMDR/UFT, 2011. 167 p

COSTA, J. N. M. N. da; DURIGAN, G. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae): Invasora ou ruderal? **Rev. árvore** vol.34 n.5, Viçosa, MG. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000500008>. Acesso em: 29 jan. 2022.

FELIPPE, M. F. **Gênese e dinâmica de nascentes**: Contribuições a partir da investigação hidrogeomorfológica em região tropical. 2013. 254 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/IGCC-9GQJDJ>>. Acesso em: 29 jan. 2022.

FELIPPE, M. F. et al. **Espacialização e caracterização das nascentes em Unidades de Conservação de Belo Horizonte – MG**. Tese de mestrado para o programa de Pós-graduação em Geografia do Instituto de Geociências da UFMG, 2009.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JR., A. P. **Análise da variabilidade da vazão das nascentes no Parque das Mangabeiras (Belo Horizonte-MG) em relação aos seus condicionantes ambientais**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa-MG. Anais ... Viçosa: UFV, 2009.

\_\_\_\_\_. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte- MG. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 8, n. 2, p. 07-23. 2008.

\_\_\_\_\_. Consequências da ocupação urbana na dinâmica das nascentes e Belo Horizonte-MG. In: **Encontro nacional sobre migrações**, VI., 2009, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: UFMG, 2009. p. 1-19.

FETTER, C. W. **Applied hydrogeology**. Second edition. Merrill Publishing. Columbus, 1988.

FUNASA – Fundação Nacional de Saneamento. **Manual de saneamento**. 2004. Retirado do site: <http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/pos-graduacao/funasa-manual-saneamento.pdf>. Acesso em 29 jan. 2022.

GALETI, P. A. 1985. **Práticas de controle à erosão**. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 278 p.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas e pesquisa social**. 5ª ed., São Paulo: Atlas, 1999.

GOMES, Érico Rodrigues. **Diagnóstico e avaliação ambiental das nascentes da Serra dos Matões, município de Pedro II, Piauí**. 2015. 209 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/139401>>.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. **Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 17, n 32, p. 103-120. jun. 2005.

GONÇALVES DO CARMO, L.; FERNANDES FELIPPE, M.; PEREIRA MAGALHÃES JUNIOR, A. **ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO ENTORNO DE NASCENTES: CONFLITOS, LACUNAS E ALTERNATIVAS DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA** - DOI 10.5216/bgg.v34i2.31733. **Boletim Goiano de Geografia**, [S. l.], v. 34, n. 2, p. 275–293, 2014. DOI: 10.5216/bgg.v34i2.31733. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/31733>. Acesso em: 29 jan. 2022.

GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama das Cidades**: Palmas – TO - 2021. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/palmas/panorama>>. Acesso em: 29 jan. 2022.

IUCN. 2017. **Global Invasive Species Database**. Disponível em: <[http://www.iucngisd.org/gisd/100\\_worst.php](http://www.iucngisd.org/gisd/100_worst.php)>. Acesso em 29 jan. 2022.

KETCHUM, N. J.; DONOVAN, J. J.; AVERY, W. H. **Recharge characteristics of a phreatic aquifer as determined by storage accumulation**. Hydrogeology Journal, Springer Nature, v. 8, n. 6, p. 579–593, set. 2000. DOI: 10.1007/s100400000088.

KIMURA, Mariana. **Recuperação de uma área de preservação permanente no município de Maringá - PR**: nascente do Ribeirão Maringá. 2014. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

LEAL, M. S., et al. Caracterização hidroambiental de nascentes. **Rev. Ambiente & Água**, Taubaté, v. 12, n. 1, p. 146 – 155, jan./feb.. 2017.

MARÇAL, M. S.; GUERRA, A. J. T. **Processo de urbanização e mudanças na paisagem da cidade de Açailândia (Maranhão)**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2001. 416 p.

MARCIANO, A.; MELLO, C. R. **Apostila de Hidrologia**. UFLA, 2007.

MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha; GOULARTE, Elvis Richard Pires. Caracterização do Ano Hidrológico e Mapeamento Espacial das Chuvas nos Períodos Úmido e Seco do Estado do Tocantins (Characterization of the Hydrological Year and Spatial Rains Mapping of Wet and Dry Periods in the State of Tocantins). **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 091-099, jul. 2013. ISSN 1984-2295. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232828>>. Acesso em: 29 jan. 2022. doi:<https://doi.org/10.26848/rbgf.v06.1.p091-099>.

MORAES, Danielle. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rsp/a/qNPRVprxPJZq9bpRkmwRTYC/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 29 jan. 2022.

MOURA, Heloísa Soares de. Habitação e produção do espaço em Belo Horizonte. In: MONTE-MÓR, Roberto Luís de Melo (coord). **Belo Horizonte: espaços e tempos em construção**. Belo Horizonte: CEDEPLAR/PBH, 1994. p. 51-77.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. **LIXO E IMPACTOS AMBIENTAIS PERCEPTÍVEIS NO ECOSISTEMA URBANO** / Garbage and perceptible environmental impacts in urban ecosystem. *Sociedade & Natureza*, [S. l.], v. 20, n. 1, 2008. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/9355>. Acesso em: 29 jan. 2022.

NOGUEIRA, Maria Jozeane. **O processo de regularização fundiária na periferia de Palmas - TO: o caso dos setores Santo Amaro I, II e Lago Norte**. 2017. 125f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Nacional, 2017.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G. (orgs.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.57-99, 1999.

OLIVEIRA, Lázaro Ribeiro de. **CARACTERIZAÇÃO DAS NASCENTES DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GAVIÃOZINHO, BAHIA**. Orientador: Eduardo Francia Carneiro Campello. 2018. Dissertação (Mestre em Ciências) - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/handle/jspui/4827>. Acesso em: 29 jan. 2022.

OLIVEIRA, Mateus Campos de Paula, et al. Avaliação macroscópica da qualidade das nascentes do campus da Universidade Federal de Juiz de Fora. **Revista de Geografia**, v.3, n. 1, maio 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/17930>>. Acesso em: 20 jul. 2021.

PALIVODA, A. P.; POVALUK, M. Avaliação do estado de conservação de nascentes localizadas em áreas rurais do município de Itaiópolis, SC. **Saúde Meio Ambiente**. v. 4, n. 1, p. 17-31, jan./jun. 2015.

PARANHOS, Fernando Rettore da Silva. **Proposta de recuperação e manejo de nascente em área rural do município de Álvares Machado – SP**. 2012. 1 CD-ROM. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/120404>>. Acesso em: 29 jan. 2022

PINTO, L. V. A. et al. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestalis**, n. 65, p. 197- 206. 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PALMAS. Lei complementar n. 400, de 2 de abril de 2018. Plano Diretor Participativo do Município de Palmas-TO. Palmas, Tocantins, 2 abr. 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PALMAS. Decreto n. 1938, de 31 de Agosto de 2020. Institui o Programa Municipal Água Viva no âmbito do Município de Palmas, conforme específica. Palmas, Tocantins, 31 de ago, 2020.

REBOUÇAS, A. C. R.; BRAGA, B.; TUNDISI, G. J. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2006.

RODRIGUES, V. A. **Recuperação de nascentes em microbacias da cuesta de Botucatu**. In: RODRIGUES, V. A.; BUCCI, L. A. (org.). Manejo de microbacias hidrográficas: experiências nacionais e internacionais. Botucatu: FEPAF. 2006.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.(orgs.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

SCHUELER, T. R. **Controlling Urban Runoff: A Pratical Manual for Planning and Designing Urban BMPs**. Washington, DC.: Metropolitan Washington Council of Governements, 1987.

SEPLAN – Secretaria do Planejamento e Orçamento. **Base de dados cartográficas do Tocantins**. Palmas, 2012 (Arquivos digitais). Disponível em: <<https://www.to.gov.br/seplan/bases-vetoriais/42twu1x8kacl>>. Acesso em: 29 jan. 2022.

SEPLAN – Secretaria do Planejamento e Orçamento. **Geoportal Seplan**. Palmas, 2012 (Arquivos digitais). Disponível em: <<https://geoportal.to.gov.br/gvsigonline/>>. Acesso em 29 jan. 2022.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E.F. W.; CHAVES, A. G. de M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 207p.

SOUZA, Samara Rached. **A proteção das nascentes em áreas urbanas consolidadas: dispensável ou necessária missão?** 2018. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/9377>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

SOUZA, K. I. S. de; CHAFFE, P. L. B.; PINTO, C. R. S. de C.; NOGUEIRA, T. M. P. Proteção ambiental de nascentes e afloramentos de água subterrânea no Brasil: histórico e lacunas técnicas atuais. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 33, n. 1, p. 76–86, 2019. DOI: 10.14295/ras.v33i1.29254. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29254>>. Acesso em: 29 jan. 2022.

SNYDER, D. T. **Estimated depth to ground water and configuration of the water table in the Portland, Oregon area**: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2008– 5059. USGS, 2008.40p. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/sir/2008/5059/>>. Acesso em: 29 jan. 2022.

TODD, D. K. **Groundwater Hydrology**. 2ª Ed. Editora Wiley, 1959. 336 p.

TUCCI, C. E. M.; COLLISCHONN, W. 1998. **Drenagem urbana e controle de erosão**. VI Simpósio Nacional de Controle da Erosão. Presidente Prudente–SP. 16p.

TUCCI, C. E. Águas urbanas. *Estud. av.*, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007>>. Acesso em 29 jan 2022.

TUNDISI, J. G. Recursos Hídricos. Multiciência, São Carlos-SP, 2003

USGS – United States Geological Survey. **O Ciclo d'água, The water cycle, Portuguese**. 2019. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/o-ciclo-dagua-water-cycle-portuguese#overview>>. Acesso em: 29 jan. 2022.

VIANA, V. B.; COSTA, C.T. F. Dimensões da sustentabilidade envolvidas com a questão da água. **Revista NAU Social**, v.6, n.10, p. 23-33, Maio/Out. 2015

VILLELA, Fernando Nadal Junqueira.; NOGUEIRA, Cristiano. Geologia e geomorfologia da estação ecológica Serra Geral do Tocantins. **Biota Neotropica** [online]. 2011, v. 11, n. 1, pp. 217-229. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000100023>>. Acesso em: 29 jan. 2022.

XAVIER, Fernanda Oliveira Rocha. **Palmas**: uma capital para todos? Curitiba: UFPR (dissertação de mestrado), 2007.