



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
REGIONAL CATALÃO  
UAE – INSTITUTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**AYR CARVALHO COSTA**

**PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE BACIAS DE RETENÇÃO ASSOCIADO  
COM À RECUPERAÇÃO DE NASCENTES EM CATALÃO (GO)**

**CATALÃO (GO)**

**2021**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE GEOGRAFIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES  
E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

**1. Identificação do material bibliográfico**

Dissertação     Tese

**2. Nome completo do autor**

AYR CARVALHO COSTA

**3. Título do trabalho**

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE BACIAS DE RETENÇÃO ASSOCIADO COM À RECUPERAÇÃO DE NASCENTES EM CATALÃO (GO)

**4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)**

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: **a)** consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

**b)** novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



---

Documento assinado eletronicamente por **Rafael De Ávila Rodrigues, Professor do Magistério Superior**, em 17/03/2022, às 10:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



---

Documento assinado eletronicamente por **AYR CARVALHO COSTA, Discente**, em 29/03/2022, às 09:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



---

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2764972** e o código CRC **84AB92F0**.

---

**AYR CARVALHO COSTA**

**PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE BACIAS DE RETENÇÃO ASSOCIADO  
COM A RECUPERAÇÃO DE NASCENTES EM CATALÃO (GO)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Geografia, da Unidade Acadêmica Especial em Geografia da Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia

**Área de Concentração:** Geografia e Ordenamento do Território.

**Linha de Pesquisa:** Estudos Ambientais.

**Orientador:** Prof. Dr. Rafael de Ávila Rodrigues.

**CATALÃO (GO)**

**2021**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFCAT.

Costa, Ayr Carvalho

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE BACIAS DE RETENÇÃO ASSOCIADO COM À RECUPERAÇÃO DE NASCENTES EM CATALÃO (GO) / Ayr Carvalho Costa. - 2021. 77, LXXVI f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Rafael de Ávila Rodrigues.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Catalão, Instituto de Geografia, Catalão, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Catalão, 2021.

Bibliografia.

Inclui siglas, mapas, fotografias, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Barraginhas. 2. Nascente. 3. APP. 4. Bacia Hidrográfica. 5. Geografia. I. Rodrigues, Rafael de Ávila, orient. II. Título.

CDU 911



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE GEOGRAFIA

### ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **196** da Sessão de Defesa Pública de Dissertação de **AYR CARVALHO COSTA**, que confere o título de **Mestre em Geografia**, na área de concentração em **Geografia e Ordenamento do Território**.

Observações:

Banca Examinadora de Defesa Pública de Dissertação realizada em conformidade com a Portaria da CAPES n. 36, de 19 de março de 2020, de acordo com seu Artigo 2º: "Art. 2º - A suspensão de que trata esta Portaria não afasta a possibilidade de defesas de tese utilizando tecnologias de comunicação à distância, quando admissíveis pelo Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, nos termos da regulamentação do Ministério da Educação."

Aos **vinte e nove dias do mês de julho do ano de dois mil e vinte e um**, a partir das **15h**, à distância, por videoconferência pelo aplicativo Google Meet, realizou-se a Sessão Pública de Defesa de Dissertação intitulada "**PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE BACIAS DE RETENÇÃO ASSOCIADO COM À RECUPERAÇÃO DE NASCENTES EM CATALÃO (GO)**". Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor **Dr. Rafael de Ávila Rodrigues** (IGEO/UFCATUFG), com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor **Dr. Silas Pereira Trindade** (Geografia/UEG), membro titular externo; Professor **Dr. Paulo Henrique Kingma Orlando** (IGEO/UFCAT-UFG), membro titular interno. Durante a arguição os membros da Banca Examinadora **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em Sessão Secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o Candidato **APROVADO** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Dr. Rafael de Ávila Rodrigues, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente Ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos vinte e nove dias do mês de julho do ano de dois mil e vinte e um, às 17h30.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



---

Documento assinado eletronicamente por **Rafael De Ávila Rodrigues, Professor do Magistério Superior**, em 29/07/2021, às 17:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Henrique Kingma Orlando, Professor do Magistério Superior**, em 29/07/2021, às 18:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Silas Pereira Trindade, Usuário Externo**, em 24/09/2021, às 13:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2242924** e o código CRC **0265AA3A**.

---

Referência: Processo nº 23070.037890/2021-10

SEI nº 2242924

## AGRADECIMENTOS

Início agradecendo primeiramente a Deus: obrigado por abençoar a minha caminhada. Agradeço também à esta Universidade e todo o seu corpo docente, incluindo a direção e a administração, que oportunizaram a janela por onde hoje vislumbro um horizonte superior.

Agradeço aos meus pais, Nilva de Fátima de Carvalho Costa e Paulo Henrique Costa, e à minha companheira, Valmira Rodrigues do Nascimento, que me deram apoio e incentivo nas horas difíceis de desânimo e cansaço.

Agradeço ao Instituto de Geografia da Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão, e ao Centro de Pesquisas Tecnológicas e Processamento de Imagem (CPTPI), com a supervisão e orientação do Professor Doutor Rafael de Ávila Rodrigues.

A Capes pela concessão da bolsa de estudo que foi de fundamental importância para a realização da pesquisa.

Ao meu orientador Professor Doutor Rafael de Ávila Rodrigues, pela orientação, apoio, confiança e determinação.

Meus agradecimentos aos amigos do curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão, irmãos na amizade, que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida, com certeza.

## RESUMO

O número crescente de áreas destinadas à agropecuária está se tornando cada vez mais rotineiro em nosso meio. Como consequência disto, temos o aumento do desmatamento que, em certas ocasiões, extrapolam até os limites das Áreas de Preservação Permanente (APPs), bem como das nascentes, deixando-as degradadas e comprometendo a vazão resultante das mesmas. É nesse contexto que essa dissertação tem como objetivo geral elaborar um estudo para a implantação de bacias de contenção (barraginhas) em uma propriedade rural localizada no município de Catalão (GO), criando, dessa forma, bases de sustentabilidade ambiental com a proteção e a revitalização dos recursos hídricos existentes. Para o dimensionamento das barraginhas foi usado o método de Miranda *et al.* (2009), conforme critério indicado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Identificou-se, através deste estudo de campo, as localizações mais adequadas para a implantação das barraginhas e, para a melhor compreensão dos dados levantados, foi elaborado um croqui planimétrico com as coordenadas da instalação das bacias de contenção. Para conhecer o uso do solo da região pesquisada, foi elaborado um mapa da bacia hidrográfica com destaque para o local do estudo, e um mapa de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Observou-se que as nascentes e o represamento artificial de água da propriedade estão em desacordo com a legislação vigente no quesito de limite exigido de APP. Através do estudo feito é possível indicar algumas orientações técnicas para o planejamento futuro em relação a implantação das barraginhas.

**Palavras-chave:** Barraginhas. Nascente. APP. Bacia Hidrográfica. Geografia.

## ABSTRACT

The growing number of areas destined for agriculture is increasing in our country. Therefore, we have the increase in deforestation that, on certain occasions, go beyond the limits of the Permanent Preservation Areas (PPAs) and river sources leaving them degraded and compromising the resulting of their flow. It is in this context that this dissertation has as its general objective to elaborate a study for the implementation of containment basins (barraginhas) in a rural property located in the city of Catalão (GO) thus creating environmental sustainability bases with the protection and revitalization of existing water resources. For the dimensioning of the barraginhas, the method of Miranda *et al.* (2009) was used, according to the criteria indicated by the Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). A planimetric sketch was identified through a field study with the coordinates of the containment basins. To determine the land use of the region surveyed, a map of the watershed with emphasis on the study site, and a map of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) were elaborated. It was observed that the river sources and artificial water damming of the property disagrees with the current legislation in the required limit item of the PPA. Through this study it is possible to indicate some technical guidelines for future planning related to the implementation of the barraginhas.

**Keywords:** Barraginhas. River Source. APP. Watershed. Geography.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Distribuição de água na Terra.....	19
<b>Figura 2</b> - Ciclo Hidrológico .....	22
<b>Figura 3</b> - Nascente de encosta e abastecida por lençol freático .....	25
<b>Figura 4</b> - Nascente de depressão tipo olho d'água .....	25
<b>Figura 5</b> - Nascente de depressão tipo difusa .....	26
<b>Figura 6</b> - Valores de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.....	28
<b>Figura 7</b> - Pluviômetro tipo Ville de Paris.....	31
<b>Figura 8</b> - Processo de interceptação vegetal na bacia .....	32
<b>Figura 9</b> - Caracterização esquemática das zonas não saturadas e saturada no subsolo .....	33
<b>Figura 10</b> - escoamento na bacia (5a) escoamento hortoniano; (5b) escoamento subsuperficial P= precipitação, Qt= escoamento subsuperficial, Q0= escoamento superficial, Qg= escoamento subterrâneo, Qp= escoamento da precipitação. ....	35
<b>Figura 11</b> - Barraginha implantada no Norte de MG em parceria com a Secretaria de Estado e Desenvolvimento dos Vales do Jequitinhonha, Mucuri e do Norte de MG e a EMBRAPA ...	38
<b>Figura 12</b> - Barraginha após a infiltração de um metro em um dia, a lama no talude ainda se encontra úmida .....	39
<b>Figura 13</b> - Vista aérea de bacias de infiltração e terraços em nível .....	40
<b>Figura 14</b> - Esquema de funcionamento do sistema barraginhas .....	40
<b>Figura 15</b> - Barraginha circular .....	41
<b>Figura 16</b> - Barraginha durante um período de uma chuva intensa.....	42
<b>Figura 17</b> - Barraginha após uma semana das chuvas, mostrando a área com a água já infiltrada .....	42
<b>Figura 18</b> - Enchimento da barraginha durante uma enxurrada .....	43
<b>Figura 19</b> - Bacia de infiltração (Barraginha) em uma zona rural da cidade de Luz (MG) ....	43
<b>Figura 20</b> - Retroescavadeira utilizada para construção de barraginhas .....	44
<b>Figura 21</b> - Construção do canal de chamada das barraginhas utilizando retroescavadeira ...	45
<b>Figura 22</b> - Mapa de Localização da Área da Pesquisa.....	52
<b>Figura 23</b> - Mapa de solos do município de Catalão.....	53
<b>Figura 24</b> - Bacia hidrográfica do Ribeirão Samambaia .....	55
<b>Figura 25</b> - Mapa de uso da terra e cobertura vegetal nativa.....	60
<b>Figura 26</b> - Mapa de uso da terra da propriedade pesquisada .....	61

<b>Figura 27</b> - Delimitação da APP no município de Catalão .....	62
<b>Figura 28</b> - Foto da nascente sem cobertura .....	63
<b>Figura 29</b> - Nascente sem cobertura mínima exigida .....	64
<b>Figura 30</b> - Localização das bacias de contenção a serem implantadas .....	67

## Lista de Abreviaturas e Siglas

ANA	Agência Nacional das Águas
APP	Área de Preservação Permanente
CBERS	<i>China Brazil Earth Resources Satellite</i>
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPTPI	Centro de Pesquisas Tecnológicas e Processamento de Imagem
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETP	Evapotranspiração Potencial
ETR	Evapotranspiração Real
FUNAPE	Fundação de Apoio à Pesquisa
GEE	Gases de Efeito Estufa
GNSS RTK	Global Navigation Satellite System Real time Kinematic
GO	Goiás
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDT	Modelo Digital do Terreno
MG	Minas Gerais
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
NIR	<i>Ned Infrared</i>
OSGeo	<i>Open Geospatial Foundation</i>
QGIS	<i>Quantum GIS</i>
SRH	Superintendência de Recursos Hídricos
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
WWAP	<i>World Water Assessment Programme</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2 OBJETIVO .....</b>	<b>18</b>
2.1 Objetivo geral .....	18
2.2 Objetivos específicos .....	18
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
3.1 Processos hidrológicos.....	19
3.1.1 Ciclo hidrológico .....	21
3.2 Definições e conceitos de nascentes .....	22
3.2.1 Classificação das Nascentes.....	23
3.2.2 Processos erosivos entorno de nascentes .....	27
3.2.3 Vulnerabilidade Ambiental .....	28
3.2.4 Atividade de pecuária e áreas de pastagens no entorno de nascentes .....	30
3.3 Precipitação.....	30
3.3.1 Processo de interceptação .....	32
3.3.2 Infiltração da água precipitada.....	32
3.3.3 escoamento superficial e subterrâneo.....	34
3.3.4 Evapotranspiração e balanço hídrico .....	35
3.4 Circulação regional da região Centro-Oeste.....	36
3.5 Como surgiram as barraginhas .....	37
3.5.1 Benefícios das barraginhas.....	38
3.5.2 Formas e dimensões das barraginhas .....	40
3.5.3 Seleção do tipo e identificação dos locais de aplicação das bacias de infiltração ...	41
3.5.4 Recomendações para construção das barraginhas .....	44
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>47</b>
4.1 Dimensionamento das bacias de retenção .....	47
<b>5 CARACTERÍSTICAS E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE PESQUISA.....</b>	<b>52</b>
5.1 Tipos de Solo do município de Catalão .....	52
5.2 Uso da terra e cobertura vegetal nativa.....	54
5.3 Característica da bacia hidrográfica a qual a propriedade de pesquisa se insere.....	55
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>57</b>
6.1 Caracterização das precipitações pluviométricas máximas diárias registradas durante 24 horas em Catalão de 1961 a 2010 .....	57

6.2 A utilização do NDVI e sua importância no entendimento da APP.....	58
6.3 Diagnóstico Geoambiental da APP .....	62
6.4 Proposta técnica de implementação das bacias de retenção na APP .....	65
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>71</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é parte absoluta do planeta e componente fundamental da dinâmica da natureza. Ela estimula todos os ciclos, sustenta a vida e é o solvente universal. De 97% de água presente no planeta, apenas 100 mil km<sup>3</sup>, ou seja, 0,3 % do total de recursos de água doce está disponível e pode ser utilizada pelo homem. Este volume está armazenado em lagos, rios e continentes, sendo a principal fonte de suprimento acrescido de águas subterrâneas. Tundisi (2003) complementa que, sem água, a vida na Terra seria impossível. A água é o recurso natural mais importante que participa e dinamiza todos os ciclos ecológicos.

A água tem como característica a sua instabilidade e mobilidade, qualquer volume de água superficial localizada em rios, lagos, tanques, represas artificiais e águas subterrâneas, ou seja, todos os componentes sólidos, líquidos e gasosos são parte do ciclo dinâmico da água, ciclo este, perene. A fase mais importante deste ciclo para o ser humano é justamente a fase líquida, em que a água está disponível para pronta utilização (TUNDISI, 2003).

Tundisi (2003) apresenta fatores que impulsionam o ciclo hidrológico, tais como a energia térmica solar, a força dos ventos que conduzem vapor d'água para os continentes e a força da gravidade responsável pelos fenômenos da precipitação, da infiltração e deslocamento das massas de água. Sendo principais componentes do ciclo hidrológico são a evaporação, a precipitação, a transpiração das plantas e a percolação, a infiltração e a drenagem.

Por ano, aproximadamente 47 mil km<sup>3</sup> de água regressam aos oceanos a partir dos rios, represas, lagos e águas subterrâneas. Se essa drenagem fosse distribuída de forma igualitária em todos os continentes, cada uma das pessoas/habitantes do planeta Terra teria disponíveis 8 mil m<sup>3</sup>/ano (TUNDISI, 2003). Mas, segundo a *World Water Assessment Programme (WWAP)* (2003), em 2015, 663 milhões de pessoas ainda não possuíam fontes de água potável adequadas. Porém, a utilização desse recurso aumentou em todas as regiões do mundo desde 1990, e a maior parte da população mundial sem acesso à água potável reside em áreas rurais.

A água, exercendo as funções vitais do homem e de todas as outras espécies de organismos vivos, também é destinada para um grande conjunto de atividades, tais como a produção de energia, a navegação, a produção de alimentos, o desenvolvimento industrial, agrícola e econômico (TUNDISI, 2003). Uma das características dessa nova sociedade do século XXI é a exploração desordenada dos recursos naturais, sendo que os recursos mais atingidos são os solos e as águas que, por consequência, geram grandes impactos ambientais.

O desmatamento sem controle e de forma invasiva, as matas ciliares cada vez mais escassas, o exercício da agropecuária sem assessoramento profissional, o uso intenso de

inseticidas e defensivos agrícolas em excesso ou sem planejamento, o lixo doméstico e industrial descartados em locais impróprios, dentre outros, contribuem para o comprometimento das reservas de água doce, tanto referente à quantidade quanto à qualidade deste recurso (RAMOS, 2017).

Segundo a WWAP (2003), o setor agrícola é o que mais demanda água no mundo. Globalmente essa demanda aumentará nas próximas décadas. No Brasil, o setor de irrigação foi o que teve maior demanda consuntiva, seguido da dessedentação animal, do abastecimento público urbano, industrial e abastecimento humano rural (ANA, 2016).

Por meio do uso e ocupação do sistema, os seres humanos vão usufruindo desse potencial e modificando os aspectos do meio ambiente, influenciando nas características visuais e nos fluxos de matéria e energia, modificando o “equilíbrio natural” dos ecossistemas e geossistemas (CHRISTOFOLETTI, 1999).

As atividades humanas de áreas rurais, urbanas e industriais geram descarga de águas residuais, geralmente não tratadas, causando poluição orgânica dos rios, o que impacta tanto o meio ambiente quanto a saúde humana (WEN; SCHOUUPS; GIESE, 2017).

Então, pode-se considerar que a qualidade da água pode ser determinada pelo uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica. Desse modo, as ações antrópicas podem alterar estruturas físico-químicas e biológicas de ecossistemas naturais, assim como afetar o ciclo hidrológico, o que, conseqüentemente, diminui a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos (ALVARENGA *et al.*, 2012).

Dessa forma, o controle do uso e ocupação do solo das bacias hidrográficas é uma forma hábil e imprescindível no uso dos recursos de uma região, pois tem como finalidade a preservação e a melhoria da quantidade e qualidade da água, procurando evitar o assoreamento de áreas, a partir da realização do controle da erosão do solo por meio de estruturas físicas e barreiras vegetais de contenção, a minimização de contaminação química e biológica pelas próprias partículas minerais do solo que podem ser arrastadas, bem como promover ações mitigadoras de perdas de água por evaporação e consumo das plantas (RAMOS, 2017).

Um dos principais problemas em áreas cultivadas é a erosão do solo, sobretudo devido à falta de cobertura vegetal, conseqüentemente leva ao acréscimo do escoamento superficial, a perda de nutrientes e do próprio solo (EMATER, 2005).

Quando os solos virgens ainda estão recobertos pela vegetação nativa, não há a obrigação de conservação do solo, uma vez que o sistema se encontra em equilíbrio e a erosão nessa terra é ínfima. Em divergência, quando acontece o desmatamento aliado às más práticas

de conservação do solo, a degradação é bem previsível, principalmente em relação à erosão laminar, que remove as camadas mais superficiais (BARROS, 2000).

O desmatamento desordenado para implantação de áreas agricultáveis aliados à falta de uso de tecnologias adequadas à conservação do solo, ou seja, impactos resultantes das ações do homem, originam a compactação do solo atenuando as taxas de infiltração de água, além de acelerar o escoamento superficial, podendo gerar problemas como assoreamentos, erosões, enchentes, a redução da disponibilidade das águas superficiais, e ainda podendo rebaixar o nível do lençol freático (IGAM, 2014).

As bacias de infiltração são um dos métodos mais eficientes de contenção de enxurradas (escoamento superficial), conhecidas também como bacias de contenção, bacias de retenção, barraginhas ou bolsões. As barraginhas são pequenos reservatórios que possuem a forma de bacia, construídos nos terrenos, ou seja, é uma área cavada que tem como principal objetivo conter as enxurradas, por meio da coleta da água que flui em demasia em propriedades rurais ou estradas vicinais, e a recarga de água subterrânea (EMATER, 2005).

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo geral**

Elaborar um estudo para a implantação de bacias de contenção (também denominadas: bacias de retenção, bolsões, barraginhas ou bacias de infiltração da água da chuva) em uma propriedade rural localizada no município de Catalão (GO) criando, dessa forma, bases de sustentabilidade ambiental com a proteção e a revitalização dos recursos hídricos existentes.

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) Calcular o dimensionamento das bacias de retenção através do valor máximo absoluto da precipitação pluviométrica acumulada em 24 horas (mm), utilizando as Normais Climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de 1961 a 2010;
- b) Efetuar o mapeamento e implementação das bacias de retenção em uma propriedade rural no município de Catalão (GO);
- c) Elaboração de mapa de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*);

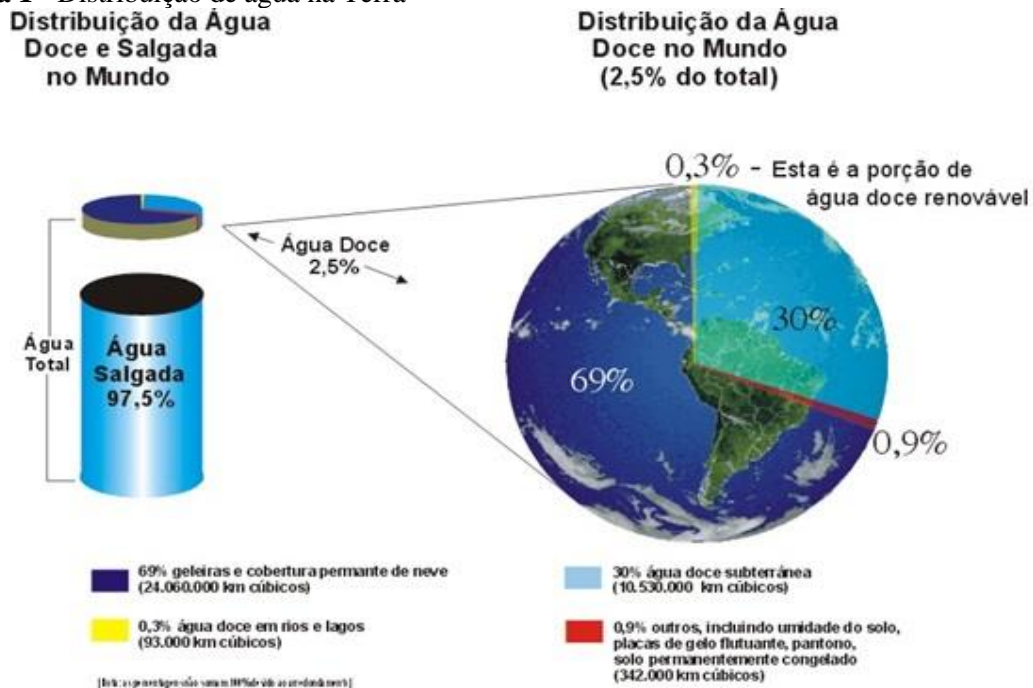
### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Processos hidrológicos

Pela função que a água exerce, ela é considerada o bem mais precioso para a humanidade. Sem água não é possível a existência de vida. Isso se torna claro quando os astrofísicos, ao procurarem vida fora do planeta, buscam, em primeiro lugar, a presença de água. Além dela criar condições para a existência de vida, ela também tem a importante tarefa de dar condições para a realização de diversas atividades, como a navegação, a produção de energia, bem como a irrigação e o lazer.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e a Superintendência de Recursos Hídricos (SRH) (2007), do volume total de água do planeta, 97,5% é salgada, compondo os mares e os oceanos. Ou seja, esta água não pode ser utilizada para irrigação, uso doméstico e dessedentação. Apenas 2,5% deste volume é de água doce. Porém, da água doce existente na Terra, 69% formam as calotas polares, geleiras e neves permanentes (que cobrem os cumes das montanhas), 0,9% equivale à umidade do solo e pântanos, 0,3% corresponde às águas dos rios e lagos, e os 30% restantes são águas subterrâneas. É possível ter uma melhor compreensão observando a Figura 1.

**Figura 1** - Distribuição de água na Terra



Fonte: (SHIKLOMANOV, 1993, p 10.)

Do total disponível de água doce líquida, 96% é subterrânea e 4% é superficial. Assim, fica claro que as águas subterrâneas são as responsáveis pela garantia da sobrevivência de parte significativa da população do mundo. Países como Arábia Saudita, Dinamarca e Malta utilizam exclusivamente dessas águas para todo o abastecimento humano. O mesmo também ocorre na Áustria, Alemanha, Bélgica, França, Hungria, Itália, Holanda, Marrocos, Rússia e Suíça. Mais de 70% da demanda por água é atendida por manancial hídrico subterrâneo (CPRM, 1997).

Borghetti, Borghetti e Rosa Filho (2004) observam que, com a crescente demanda por águas subterrâneas, ocorre uma exploração crescente desse recurso, que tem sua disponibilidade variada no espaço. Em alguns estados do Brasil, a disponibilidade é considerada crítica, como pode ser verificada na Tabela 1. Observa-se que a situação mais crítica ocorre em Pernambuco, com uma disponibilidade hídrica menor do que 1500 m<sup>3</sup>/hab./ano.

**Tabela 1** - Disponibilidade de água superficial e subterrânea no Brasil, considerando-se apenas a produção hídrica em território nacional IBGE (2003)

**Fonte:** (BORGHETTI; BORGHETTI; ROSA FILHO, 2004, p.30.

Disponibilidade Hídrica Percapita M <sup>3</sup> /Hab./Ano	Estado	Disponibilidade Hídrica Percapita M <sup>3</sup> /Hab./Ano	Potencial Hídrico (Km <sup>3</sup> /Ano)	Potencial Hídrico (% Do Total)
Abundância >20.000	Roraima	1.147.668	372.3	6.49
	Amazonas	657.160	1.848.30	32.24
	Amapá	410.874	196	3.42
	Acre	276.220	154	2.69
	Matogrosso	208.557	522.3	9.11
	Pará	181.629	1.124.70	19.62
	Rondônia	108.857	150.2	2.62
	Tocantins	106.128	122.8	2.14
	Goiás	56.743	283.9	4.95
	Mato Grosso do Sul	33.542	69.7	1.22
Muito Rico 10.000 a 20.000	Rio Grande do Sul	18.650	190	3.31
	Maranhão	14.987	84.7	1.48
	Paraná	11.858	113.4	1.98
	Santa Catarina	11.575	62	1.08
	Minas Gerais	10.338	193.9	3.38
Rico 3.000 a 10.000	Piauí	8.722	24.8	0.43
	Espírito Santo	6.070	18	0.33
Pobres <3.000	Bahia	2.747	35.9	0.67
	São Paulo	2.482	91.9	1.6
	Ceará	2.086	15.5	0.27
	Rio De Janeiro	2.057	29.6	0.52
	Alagoas	1.559	4.4	0.08
	Rio Grande do Norte	1.549	4.3	0.08
Crítica <1.500	Sergipe	1.457	2.6	0.05
	Distrito Federal	1.365	2.8	0.05
	Paraíba	1.336	4.6	0.08
	Pernambuco	1.187	9.4	0.16

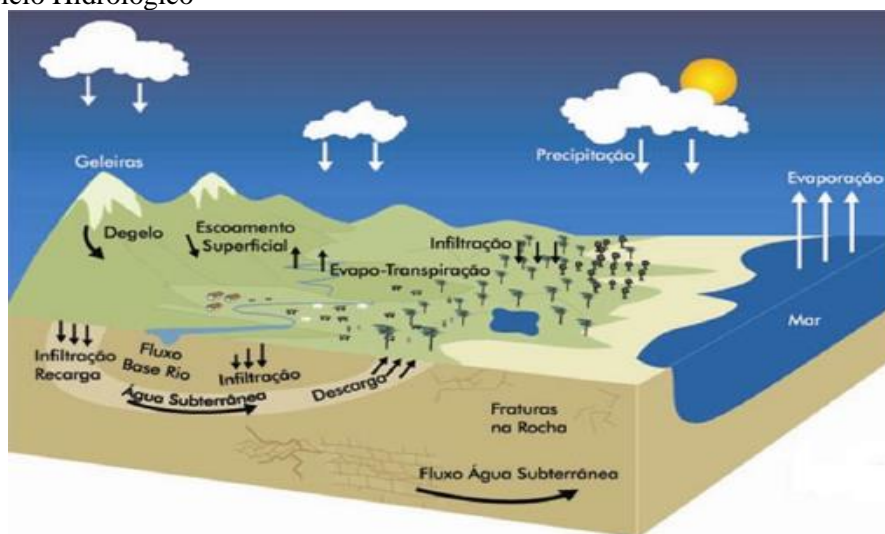
A disponibilidade hídrica não é estruturada de forma uniforme. Há estados que são mais contemplados e tem abundância em seus recursos hídricos. De acordo com a Tabela 1, as regiões Norte e Centro-Oeste estão entre as mais beneficiadas com o quantitativo de água disponível em seus territórios. Em contrapartida, alguns estados, que têm o índice populacional elevado, tem um déficit hídrico que, de acordo com a tabela, são classificados como a situação pobre e crítica.

### 3.1.1 Ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico, de acordo com Tucci (2000), tem início a partir do vapor de água presente na atmosfera que, sob determinadas condições meteorológicas, condensa-se formando microgotículas de água que se mantêm suspensas devido à agitação natural. O autor o caracteriza ainda como o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado basicamente pela energia solar conexas com a gravidade e a rotação terrestre.

Segundo Castro e Lopes (2001 *apud* CALHEIROS *et al.*, 2004, p. 14), o “ciclo hidrológico é o caminho que a água atravessa desde a evaporação no mar, passando pelo continente e retornando novamente ao mar”. Essa movimentação é conduzida pela energia derivada do sol, pela ação da gravidade e pela força dos ventos que transportam vapor d’água para os continentes. De acordo com Freire e Omena (2005), o ciclo hidrológico compreende cinco processos distintos: a evapotranspiração, a precipitação a infiltração o escoamento superficial e o escoamento subterrâneo, como pode ser observado na Figura 2.

Durante o ciclo hidrológico, verifica-se a existência de duas etapas distintas: uma terrestre, que interage com os continentes e oceanos, e a outra que ocorre na atmosfera, precisamente na camada da troposfera, que abrange uma diversidade de condições físicas importantes ao processo (TELLES, 2013).

**Figura 2 - Ciclo Hidrológico**

Fonte: MMA/SRH, 2007.

Os processos hidrológicos na bacia hidrográfica, como afirmam Tucci e Clarke (1997), possuem duas direções predominantes de fluxo: vertical e longitudinal. O vertical é arquitetado pelos processos de precipitação, evaporação, transpiração, infiltração e percolação, enquanto o fluxo longitudinal se caracteriza pelo escoamento na direção dos gradientes da superfície (escoamento superficial no solo e nos rios) e do subsolo (escoamento subterrâneo).

### 3.2 Definições e conceitos de nascentes

Em termos legais, conforme estabelecido no Art. 2º, inciso II, da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n.º. 303/2002, define-se nascente ou olho d'água o local onde se aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea (CONAMA, 2002).

O termo nascente (2017), conforme o Michaelis Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa, é classificado como lugar onde começa um curso de água; fonte, mina. Zanin, Bonumá e Chaffe (2013) afirmam que as nascentes são feições hidrogeológicas que formam as cabeceiras dos rios. Os próprios autores ressaltam que, apesar da complexidade de processos e interações, a caracterização e a preservação das nascentes são essenciais para a gestão dos recursos hídricos.

Já o Dicionário Geológico-Geomorfológico (GUERRA, 1993) define as nascentes de forma mais técnica, como equivalente a cabeceira de um rio. Geralmente não se trata de um ponto, mas sim uma zona considerável da superfície terrestre. O autor conceitua cabeceira como área onde existem os olhos d'água que dão origem a um curso fluvial; é o oposto de foz e

argumenta ainda que não se deve pensar que a cabeceira seja um lugar bem definido, pois pode constituir uma verdadeira área.

Segundo Alvarenga (2004), a maioria das nascentes está localizada nas regiões montanhosas, nas chamadas bacias de cabeceira. A água que jorra de uma nascente formará um pequeno ribeirão que irá contribuir para aumentar o volume de água de outro curso, podendo garantir a vazão dos rios, principalmente em períodos de estiagens, bem como podendo formar grandes cursos d'água, fundamentais para o abastecimento urbano, agrícola, geração de energia, dentre outras funções. Portanto, o desaparecimento de uma nascente poderá resultar na redução do número de cursos d'água, significando a diminuição da disponibilidade de água para os diversos usos (CASTRO; LOPES, 2001).

### 3.2.1 Classificação das Nascentes

Existem várias propostas de classificação das nascentes, baseadas em características diversas. Quanto à vazão, de acordo com Lopes (2012), Valente e Gomes (2011) as nascentes são classificadas em:

- a) Perenes: são caracterizadas por apresentarem um fluxo de água contínuo, ou seja, durante todo o ano, inclusive na estação seca, embora com menor vazão. Existem casos, em que quando em épocas muito secas e em locais onde o leito do curso d'água é formado de material muito poroso, o ponto de afloramento dessas nascentes pode ficar muito difuso (LOPES, 2012, pág. 52).
- b) Intermitentes: são aquelas que apresentam fluxo de água apenas durante a estação das chuvas, mas secam durante a estação seca do ano. Em alguns casos, seus fluxos podem perdurar de poucas semanas até meses. Existem também os casos em que, em anos muito chuvosos, elas podem dar a impressão de serem perenes (LOPES, 2012, pág. 52).
- c) Efêmeras ou temporárias: são aquelas que surgem durante uma chuva, permanecendo durante alguns dias e desaparecendo logo em seguida. Portanto, elas surgem somente em resposta direta à chuva. As nascentes efêmeras, apesar de ocorrerem em todos os tipos de clima, são mais frequentes nas regiões áridas e semiáridas LOPES, 2012, pág. 52).

Quanto às vazões produzidas pelas nascentes, elas são muito variáveis, desde aquelas com cerca de um litro por minuto, até outras com milhares de litros por minuto. Tudo depende do tamanho e da riqueza dos lençóis responsáveis por ela. O que importa, nesse aspecto, é que

mesmo aquelas com menos de um litro por minuto acabam sendo responsáveis pelo primeiro córrego de um grande rio (VALENTE; GOMES, 2011).

Ainda segundo Valente e Gomes (2011), quando suas vazões oscilam muito entre períodos chuvosos e de estiagem, estamos diante de nascentes mantidas por lençóis freáticos. As mantidas por lençóis artesianos tendem a apresentar maiores uniformidades de vazões ao longo do tempo.

As nascentes apresentam ainda outra classificação quanto ao tipo de reservatório a que estão associadas, conforme definição de Calheiros *et al.* (2004):

- a) Nascente sem acúmulo d'água inicial: quando o afloramento acontece em um terreno com declividade, aparecendo em um único ponto em consequência de a inclinação da camada impermeável ser menor que a da encosta. São exemplos desse tipo as nascentes de encosta e de contato.
- b) Nascente com acúmulo d'água inicial: quando a superfície freática ou um aquífero artesianos interceptar a superfície do terreno e o escoamento for espraiado numa área o afloramento tenderá a ser difuso formando um grande número de pequenas nascentes por todo o terreno, originando as veredas. Se a vazão for pequena poderá apenas molhar o terreno, caso contrário, poderá formar um lago, comum quando a camada impermeável fica paralela à parte mais baixa do terreno e, estando próximo à superfície.

Neste mesmo sentido segue Castro (2001 *apud* PINTO *et al.*, 2004) e Ferreira *et al.* (2011), que definem as mesmas como:

- a) Pontuais: quando o fluxo d'água acontece em um único ponto do terreno, situadas, de forma geral, em grotas e no alto das serras.
- b) Difusas: quando não existe um único ponto de vazão definitivo no terreno, ou seja, exibe vários olhos d'água. A maior parte das nascentes desta categoria acontece nos brejos, voçorocas e matas planas em baixas altitudes.

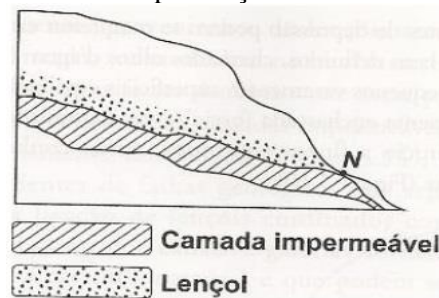
Já Valente e Gomes (2011) apresentam uma definição mais técnica, levando em consideração os tipos de lençóis:

- a) Lençóis Freáticos: apenas depositados sobre as camadas impermeáveis.

b) Lençóis Artesianos: confinados entre duas camadas impermeáveis.

Na origem da maior parte dos córregos brasileiros estão nascentes de contato ou de depressão provenientes de lençóis freáticos. As de contato, como normalmente surgem no sopé de morros, são conhecidas como nascentes de encosta, conforme é possível visualizar abaixo na Figura 3 (VALENTE; GOMES, 2011).

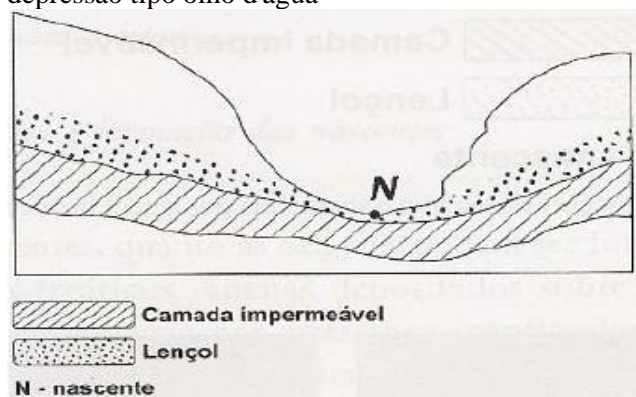
**Figura 3** - Nascente de encosta e abastecida por lençol freático



**Fonte:** (VALENTE; GOMES, 2011, p.17).

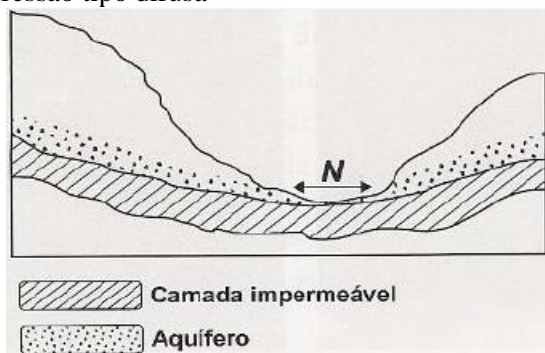
Já as nascentes de depressão podem se manifestar em pontos de borbulhamento bem definidos, chamados olhos d'água (Figura 4), ou, então, por pequenos vazamentos superficiais espalhados por uma área que se apresenta encharcada (brejo) e vai a cumulando água em poças até dar início a fluxos contínuos, sendo conhecidas como nascentes difusas (VALENTE; GOMES, 2011). A figura 5 expõem uma nascente do tipo difusa.

**Figura 4** - Nascente de depressão tipo olho d'água



**Fonte:** (VALENTE; GOMES, 2011, p. 17).

**Figura 5** - Nascente de depressão tipo difusa



Fonte: (VALENTE; GOMES, 2011, p. 18).

As nascentes provenientes de lençóis artesianos podem ser de contato, ocorrendo, normalmente, em regiões montanhosas por falhas geológicas que sejam capazes de provocar a ligação de lençóis confinados com a superfície, ou por canais de galeria formadas em rochas cársticas que podem ser alimentadas pela água de chuva (VICENTE; GOMES, 2011).

As nascentes ainda são classificadas quanto ao estado de conservação, segundo Castro (2001 *apud* PINTO *et al.*, 2004), Ferreira *et al.* (2011) e Gomes *et al.* (2014):

- a) Preservadas: quando apresentava raio mínimo de 50m de vegetação natural em seu entorno medidas a partir do olho d'água em nascentes pontuais ou a partir do olho d'água principal em nascentes difusas, de acordo com o Código Florestal (Lei n°. 12.651/2012).
- b) Perturbadas: quando não apresentam 50m de vegetação natural no seu entorno, mas apresentam bom estado de conservação, apesar de estarem ocupadas em parte por pastagem e/ou agricultura.
- c) Degradadas: quando se encontra com alto grau de perturbação, muito pouco vegetada, solo compactado, presença de gado, com erosões e voçorocas, ou seja, sem o mínimo de vegetação que exerça uma função de proteção.

Nos casos de áreas rurais consolidadas em Áreas de Preservação Permanente (APPs) até 22 de julho de 2008, a classificação quanto ao estado de conservação obedecerá a um raio mínimo de 15m de acordo com as determinações da Lei n°. 12.727/2012 (FERNANDES, 2016).

Nas áreas rurais consolidadas como APP e no entorno de nascentes e olhos d'água perenes será admitida a manutenção de atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo ou de turismo rural, sendo obrigatória a recomposição do raio mínimo de 15m (BRASIL, 2012).

### 3.2.2 Processos erosivos entorno de nascentes

A erosão é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo que pode ser causado pela chuva ou pelo vento (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990). Este processo natural é intensificado pela ação antrópica na medida em que são realizados usos inadequados do solo. Esse processo erosivo tem abrangência em quase toda a superfície terrestre, em especial nas áreas de clima tropical, onde os totais pluviométricos são bem mais elevados do que em outras regiões do planeta.

O principal agente erosivo é a água que não infiltra no solo, seja por deficiência da cobertura vegetal, por compactação ou impermeabilização dos solos. Desta forma, a erosão hídrica é um dos problemas mais sérios da agricultura, pois reduz a capacidade produtiva do solo, transporta sedimentos, nutrientes e agroquímicos, causando problemas na qualidade e disponibilidade da água (MERTEN *et al.*, 1995).

Alguns fatores físicos são utilizados para estimar a erosão potencial dos solos, que é a propensão à erosão de determinada área, desconsiderando os aspectos de uso e da cobertura vegetal. São eles: a erodibilidade, a erosividade e o fator topográfico. A erodibilidade (K) reflete as propriedades inerentes do solo. As principais propriedades de erodibilidade do solo pela água são as que afetam a velocidade de infiltração, a permeabilidade, a capacidade total de armazenamento de água e aquelas que resistem à força de dispersão, ao salpico, à abrasão e ao transporte por meio do escoamento (BERTONI; LOMBARDINI NETO; BERNATTI JÚNIOR, 1975).

O fator erosividade (R) é um índice que expressa a capacidade de erosão da chuva em uma área desnuda. A erosividade é produto de duas características da chuva: sua energia cinética total e sua intensidade máxima em trinta minutos. Esse produto representa um termo de interação que mede o efeito de como a erosão por impacto e a turbulência se combinam com a enxurrada para transportar as partículas de solo desprendidas (BERTONI; LOMBARDI, 1990).

O fator topográfico é obtido dos parâmetros de comprimento de rampa e declividade da vertente que podem ser extraídos do Modelo Digital do Terreno (MDT). O MDT é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço (BLOISE *et al.*, 2001).

Uma manifestação mais agressiva da erosão é a voçoroca, que também ocorre em decorrência do estado de conservação e manejo dos solos. É um processo que mobiliza vários metros cúbicos de solo em pouco tempo, destruindo terras cultiváveis e/ou cultivadas, equipamentos urbanos e obras civis (SÁ; LAGE; LIMA, 2001), além de conduzir boa parte do

material removido aos cursos d'água, propiciando condições de enchentes e outras avarias devido ao processo de assoreamento dos cursos d'água (SILVA; SCHULZ; CAMARGO, 2003).

### 3.2.3 Vulnerabilidade Ambiental

Vulnerabilidade é uma expressão abrangente por possuir variadas interpretações. Diante do senso comum, o Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa (1988) explica que algo vulnerável se refere à fragilidade de um assunto ou questão, ou uma situação na qual um indivíduo pode ser atacado ou ferido. Porém, o termo vulnerabilidade ambiental indica a capacidade de um ambiente sofrer lesões ou danos em determinadas condições (SILVA; ARAÚJO, 1994).

Ainda por Silva e Araújo (1994), expomos os termos sensibilidade ambiental e susceptibilidade ambiental. O primeiro termo, a sensibilidade ambiental, é entendido como a resposta negativa do ambiente a um impacto. Nesse sentido, os mapas de sensibilidade ambiental devem ser atualizados quando o ambiente sofrer alterações significativas. O segundo, a susceptibilidade ambiental, é a tendência ou probabilidade de uma localidade ser atingida por algo sob condições ou cenários pré-estabelecidos por meio de simulações. Quando há a necessidade de reavaliação desses cenários ou da região, é importante reelaborar os mapas de susceptibilidade ambiental. Logo abaixo na figura 6 são apresentados os valores de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.

**Figura 6 - Valores de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares**

VALORES DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL AOS PROCESSOS EROSIVOS LINEARES	
0.0 <span style="margin-left: 150px;">1.0</span> baixa vulnerabilidade <span style="margin-left: 150px;">muito alta vulnerabilidade</span>	
BAIXA VULNERABILIDADE (0.0 – 0.25)	
Atributos	Valores
Mata	0.0
Planícies aluviais e alveolares	0.1
Solos hidromórficos – associação Planossolos e Gleissolos	0.2
Declividades inferiores a 5%	0.25
MÉDIA VULNERABILIDADE (0.25 – 0.5)	
Atributos	Valores
Cana de açúcar	0.25
Topos das colinas	0.25
Solos desenvolvidos – associação Latossolos	0.4
Declividades entre 5 a 10%	0.5
Curvatura da superfície retilínea	0.5
ALTA VULNERABILIDADE (0.5 – 0.75)	
Atributos	Valores
Solos rasos a desenvolvidos – associação Argissolos	0.6
Declividades entre 10 a 15%	0.65
Pastagem e gramínea	0.7
Declividades entre 15 a 20%	0.75
Curvatura da superfície convexa	0.75
MUITO ALTA VULNERABILIDADE (0.75 – 1.0)	
Atributos	Valores
Domínio das vertentes	0.8
Solos rasos – associação Neossolos	0.8
Solo exposto	0.9
Declividades superiores a 20%	0.9
Curvatura da superfície côncava	0.9

Fonte: (FUSHIMI, 2016, p. 82).

Segundo Fushimi (2016), os critérios que caracterizam a **baixa vulnerabilidade** são:

Mata: proporciona a dispersão das águas pluviais e a proteção direta contra a atuação do *splash*;  
 Planícies aluviais e alveolares: se encontram nos fundos de vales chatos, em que a morfologia favorece a infiltração da água precipitada;  
 Solos hidromórficos – associação Planossolos e Gleissolos: localizam-se nas planícies aluviais e alveolares e requerem atenção quanto à erodibilidade devido à diferença textural entre o horizonte A ou E e o horizonte B;  
 Declividades inferiores a 5%: topografia suave contribui prioritariamente para a infiltração (FUSHIMI, 2016, p. 83).

Sobre os critérios de **média vulnerabilidade**, considera-se:

Cana de açúcar: atividade relacionada, principalmente, ao fluxo laminar;  
 Topos das colinas: compartimento do relevo onde ocorre o predomínio da infiltração;  
 Solos desenvolvidos – associação Latossolos: em virtude da quantidade de areia (cerca de 80%), a coesão das partículas é baixa. Por outro lado, são solos porosos, portanto, facilitam a infiltração;  
 Declividades entre 5 a 10%: relação ponderada entre infiltração e escoamento superficial;  
 Curvatura da superfície retilínea: balanço entre convergência e divergência das águas pluviais (FUSHIMI, 2016, p. 83).

Já sobre os critérios relacionados à **alta vulnerabilidade** são:

Solos rasos a desenvolvidos – associação Argissolos: o acúmulo da fração argila no horizonte B dificulta a percolação das águas e, como consequência, o fluxo tende a ser subsuperficial;  
 Declividades entre 10 a 15%: colaboram moderadamente para o escoamento superficial;  
 Pastagem e gramínea: vegetação associada à presença do gado, cujo pisoteio, ao acelerar a compactação do solo em caminhos, ocasiona a redução da infiltração e o incremento do fluxo linear;  
 Declividades entre 15 a 20%: auxiliam de modo considerável no escoamento superficial;  
 Curvatura da superfície convexa: destaque para a divergência das águas pluviais (FUSHIMI, 2016, p. 83).

Por fim, a classe de **muito alta vulnerabilidade** que é caracterizada seguindo os critérios subsequentes:

Domínio das vertentes: desempenha função importante na circulação da água precipitada;  
 Solos rasos – associação Neossolos: solos com possíveis afloramentos dos arenitos das Formações Caiuá ou Adamantina, os quais dispõem elevada proporção de areia e alta friabilidade, por isso, alteráveis aos agentes intempéricos;  
 Solo exposto: terreno desprotegido da ação do *splash*;

Declividades superiores a 20%: inclinações que influenciam de maneira significativa no escoamento superficial;  
Curvatura da superfície côncava: propicia a convergência das águas (FUSHIMI, 2016, p. 84).

A erosão dos solos, presentemente, é um processo conexo que atinge tanto os ambientes urbanos quanto os rurais. É de grande valor destacar que este é um fenômeno natural. Entretanto, este processo é induzido e intensificado pela ação do ser humano, refletindo em paisagens degradadas, como as áreas rurais de Catalão.

#### 3.2.4 Atividade de pecuária e áreas de pastagens no entorno de nascentes

Estimativas apontam que pelo menos metade da população mundial de ruminantes, principalmente bovinos, está localizada em regiões tropicais do mundo, muitas delas em países em desenvolvimento em que os sistemas de produção são basicamente em pastagens e, muitas vezes, caracterizados por baixa eficiência produtiva (USEPA, 2000).

As pastagens extensivas se constituem como grandes vetores de processos erosivos uma vez que a cobertura vegetal é, por vezes, escassa e o pisoteio é frequente, provocando a degradação e compactação do solo, aumentando o escoamento superficial e, conseqüentemente, ocasionando a diminuição da infiltração da água no solo.

Emmerich e Marcondes (1975) ressaltam que os danos são ainda maiores quando a retirada da vegetação para o estabelecimento de pastagens ocorre indiscriminadamente nas zonas de recarga, constituídas por topos de morros e chapadas, bem como nas margens de córregos e nascentes.

Apesar do grande impacto da pecuária na emissão de metano, a principal atividade emissora de Gases de Efeito Estufa (GEE) é a conversão de áreas de florestas em sistemas agropecuários, representando 52% das emissões brasileiras (CERRI *et al.*, 2009). Este número é atribuído, em grande parte, à pecuária de corte devido aos desmatamentos para a implantação de pastagens.

### 3.3 Precipitação

Precipitação, de acordo a meteorologia, é qualquer depósito em forma líquida ou sólida derivado da atmosfera, como por exemplo, chuva, granizo, neblina, orvalho dentre outros. É possível considerar a precipitação em três tipos básicos, tendo como base o estilo de elevação do ar que tenha dado origem a mesma. São eles: o tipo convectivo, que é conexo à instabilidade convectiva; o tipo ciclônico, que é associado com a convergência em uma depressão; por fim,

a orográfica, que é associada às áreas irregulares ou montanhosas. A precipitação pode ser medida com um instrumental denominado de pluviômetro, normalmente expressa em milímetros (AYOADE, 1996).

Silva, Santana, Pelegrini (2006) ressaltam que podemos definir a precipitação como qualquer depósito em forma líquida ou sólida proveniente da atmosfera, incluindo a chuva, granizo, neblina, orvalho dentre outros. A precipitação pluvial é medida com um instrumental denominado de pluviômetro, normalmente expressa em milímetros. Por exemplo, uma precipitação pluvial de 2 mm corresponde a um volume de 2 litros de água em uma superfície de 1m<sup>2</sup>.

O pluviômetro é dotado de um reservatório para armazenar a água captada, sendo necessário o trabalho de pessoas para registro recorrente da pluviosidade com auxílio de uma proveta. Existem muitos tipos de pluviômetro, desde os mais sofisticados, como o *Ville de Paris* (que pode ser observado na Figura 7), até modelos mais simples que são facilmente confeccionados, principalmente com fins didáticos.

**Figura 7** - Pluviômetro tipo *Ville de Paris*



**Fonte:** JCTM Comércio e Tecnologia - Fabricante do pluviômetro, 2015.

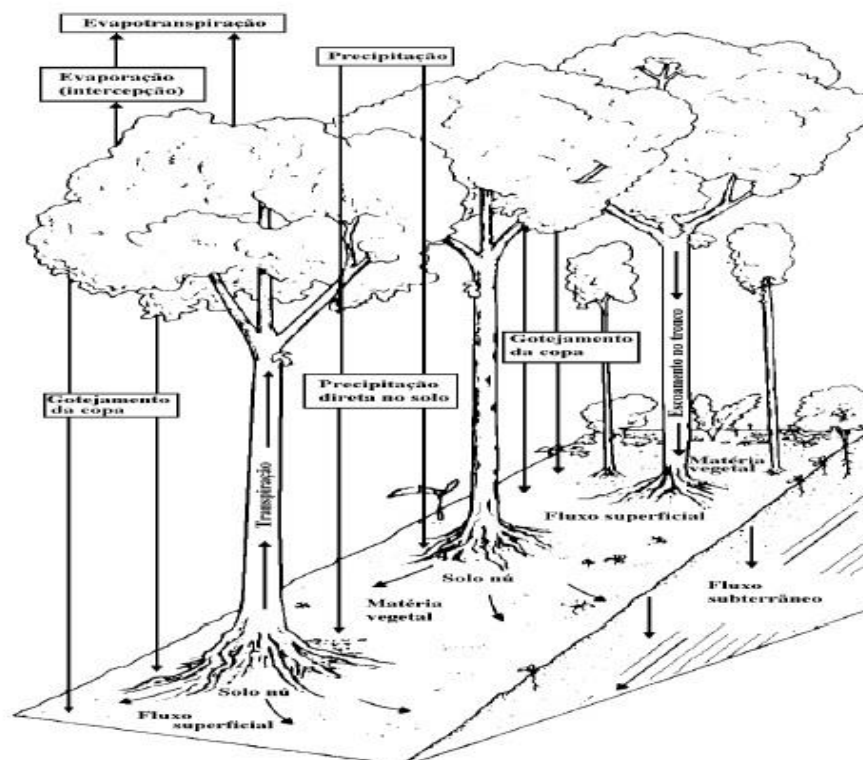
Já os pluviógrafos são aparelhos que tem a capacidade de historiar continuamente, de forma analógica ou digital, a precipitação local sem a necessidade de presença humana para o registro dos dados. Segundo Santos *et al.* (2001), eles são usados quando se pretende medir chuvas em pequenos intervalos de tempo.

### 3.3.1 Processo de interceptação

Parte da água proveniente da precipitação pode ser capturada pela cobertura vegetal antes de alcançar a superfície do solo, podendo interferir diretamente na quantidade de fluido que atinge a zona não-saturada do solo (BARRETO, 2006). Neste sentido, a cobertura vegetal pode influenciar de forma muito significativa nos volumes de água que alcançarão a superfície do solo.

A quantia inicial da precipitação é armazenada pela vegetação. Quanto maior for a área foliar, maior será a interceptação da água durante a chuva. Essa parte precipitada que foi retida é evaporada assim que houver capacidade real de evaporação. Quando esse volume armazenado pelas plantas sofrer o processo de evaporação, as plantas irão a perder umidade para o ambiente através de um outro processo que é a transpiração. Na figura 8 é apresentado um esquema do processo de interceptação (PEREIRA, 2012).

**Figura 8** - Processo de interceptação vegetal na bacia



Fonte: (BRUIJNZEEL, 1990)

### 3.3.2 Infiltração da água precipitada

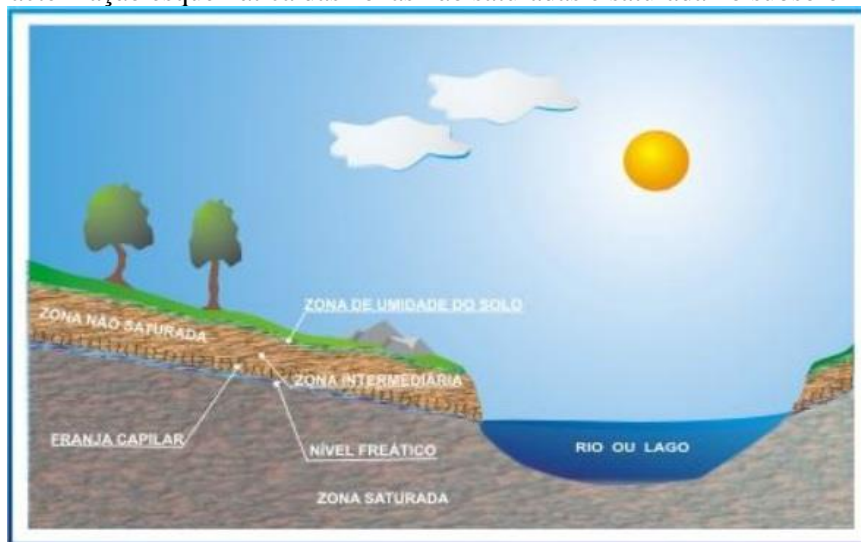
Iniciado o processo da precipitação, uma parcela das águas que abordam ao solo se infiltra e a outra parte percola no interior do subsolo. Determinados fatores influenciam nesse

procedimento, entre eles: a porosidade do subsolo, a cobertura vegetal, a inclinação do terreno e o tipo de chuva.

Quando se encontra presença de argila no terreno, a permeabilidade do solo é enfraquecida e, como consequência, não acontece facilmente a infiltração da água. Conforme Tucci (2002), um solo argiloso pode ter uma elevada capacidade de infiltração quando estiver seco. No entanto, posteriormente, quando receber umidade, este mesmo solo pode se tornar quase impermeável. Tucci e Clarke (1997) exemplificam que estradas e caminhos percorridos pelo gado padecem de forte compactação, o que reduz a capacidade de infiltração, enquanto o uso de maquinário agrícola para revolver o solo durante o plantio pode aumentar a infiltração.

De acordo com Borghetti, Borghetti e Rosa Filho (2004), chuvas intensas saturam rapidamente o solo, ao passo que chuvas finas e demoradas demandam um tempo maior para se infiltrarem. Durante o processo de infiltração, uma parcela da água sob a ação da força de adesão, ou de capilaridade, fica retida nas regiões mais próximas da superfície do solo, constituindo a zona não saturada. Outra parcela, sob a ação da gravidade, atinge as zonas mais profundas do subsolo, constituindo a zona saturada como apresenta a figura 9.

**Figura 9** - Caracterização esquemática das zonas não saturadas e saturada no subsolo



Fonte: (BORGHETTI; BORGHETTI; ROSA FILHO, 2004, p. 126).

A zona não saturada, também conhecida como zona de aeração ou vadosa, é a parte do solo que fica parcialmente cheia por água. Borghetti, Borghetti e Rosa Filho (2004) afirmam que nesta zona baixas quantidades de água se distribuem de maneira uniforme, sendo que as suas moléculas assentam às superfícies dos grãos do solo. É nesta zona onde ocorre o fenômeno da transpiração, pelas raízes das plantas, de filtração e de autodepuração da água. Ainda neste

local se encontra a zona de umidade do solo, que é a parte mais superficial, onde a perda de água de adesão para a atmosfera é elevada.

A zona saturada é localizada abaixo da zona não saturada. Seus poros ou fraturas da rocha estão totalmente entupidos por água. Conforme apontam Borghetti, Borghetti e Rosa Filho (2004), as águas chegam a esta zona por gravidade, através dos poros ou fraturas, até alcançar uma profundidade limite, onde as rochas estão tão saturadas que a água não pode adentrar mais. Para que haja infiltração até a zona saturada é necessário primeiro satisfazer às necessidades da força de adesão na zona não saturada. Nesta zona, a água corresponde ao excedente da zona não saturada, que se move em velocidade muito lenta, formando o manancial subterrâneo propriamente dito. Uma parcela dessa água irá emergir na superfície dos terrenos, formando as fontes, olhos de água ou nascentes. A outra parcela desse fluxo subterrâneo forma o caudal basal que deságua nos rios, perenizando-os durante os períodos de estiagem (PEIXOTO; OORT, 1990), ou deságua diretamente nos lagos e oceanos.

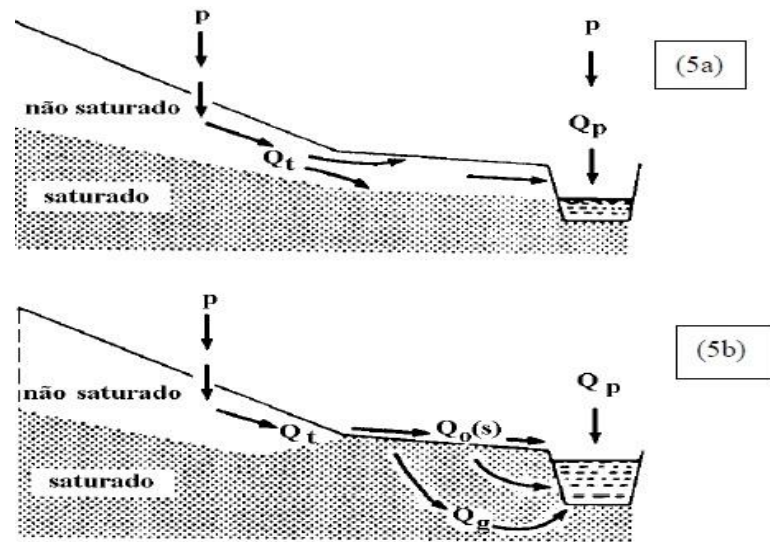
O nível freático é a região localizada entre a zona saturada e a zona de aeração, ou seja, este nível corresponde ao topo da zona saturada. Ainda com as informações de Borghetti, Borghetti e Rosa Filho (2004), o nível freático desta zona depende das características climáticas da região ou do volume de precipitação e escoamento da água.

### 3.3.3 Escoamento superficial e subterrâneo

O escoamento é a parte do ciclo hidrológico em que a água se desloca na bacia. Tucci e Clarke (1997) descrevem que, quando a bacia é rural e possui cobertura vegetal, o escoamento na superfície sofre a influência dessa cobertura e grande parte da água infiltra no solo. Estudos realizados por Tucci e Clarke (1997) apontam que, em bacias onde a capacidade da água subterrânea é pequena, com grandes afloramentos de rochas e alta evaporação, os rios não são perenes, como na região de cristalino do Nordeste.

Segundo Tucci (2002), o escoamento é dito hortoniano quando o escoamento superficial é gerado em toda superfície e o escoamento subsuperficial escoar até o rio, sendo a capacidade de infiltração menor que a precipitação. Porém, existem áreas em que quase não há escoamento superficial, em que toda a precipitação se infiltra, atingindo as zonas saturadas, como observado na figura 10.

**Figura 10** - Escoamento na bacia (5a) escoamento hortoniano; (5b) escoamento subsuperficial P= precipitação,  $Q_t$ = escoamento subsuperficial,  $Q_0$ = escoamento superficial,  $Q_g$ = escoamento subterrâneo,  $Q_p$ = escoamento da precipitação.



Fonte: (BRUIJNZEEL, 1990)

### 3.3.4 Evapotranspiração e balanço hídrico

Dando continuidade ao ciclo, a água evapora retornando à atmosfera. Somando-se a esse processo da evaporação da água dos solos, rios e lagos, uma parte da água é absorvida pelas plantas. Essas, por sua vez, liberam a água para a atmosfera através da transpiração. A esse conjunto, evaporação mais transpiração, dá-se o nome de evapotranspiração.

De acordo com Lima (1996), a evapotranspiração é controlada por variáveis meteorológicas, como a velocidade do vento, a temperatura do ar, a umidade atmosférica e outros dados climáticos. Para Righetto (1998), a quantificação da evapotranspiração através de equações empíricas é complicada devido à complexidade dos fenômenos físicos intervenientes e pela variabilidade das escalas em que esses fenômenos acontecem.

As semiempíricas geralmente consideram tanto a umidade do solo quanto as condições meteorológicas. Nestas, são utilizadas definições de Evapotranspiração Potencial (ETP) e Evapotranspiração Real (ETR). A ETP é a quantidade de água transferida para a atmosfera de uma superfície coberta de vegetação e bem suprida de água. A ETR é a quantidade de água transferida para a atmosfera nas condições reais (existentes) de condições atmosféricas e umidade do solo (PEREIRA, 2012).

O balanço hídrico, segundo o método de Thornthwaite e Mather (1955), apresentado por Amorim Neto (1989), é um método climatológico que consente dimensionar a quantidade de água no solo disponível às plantas, além de indicar os períodos úmidos e secos, considerando a chuva e/ou irrigação, como entrada de água no sistema e a evapotranspiração como saída.

Do balanço hídrico pode-se obter informações sobre as relações hídricas dentro do sistema, tais como a evapotranspiração potencial e atual, os períodos de déficit hídrico e os períodos com excesso, o armazenamento da água no solo e a quantidade de água que escoou fora do sistema. O balanço hídrico é de suma importância para o controle de atividades que demandam grandes quantidades de água, como a irrigação (LIMA, 1971).

Ainda de acordo Mosca (2003), o balanço hídrico permite calcular a disponibilidade hídrica de uma região, além de gerar informações importantes para o planejamento de atividades florestais e bem como aquelas para atividades relacionadas ao consumo de água.

### **3.4 Circulação regional da região Centro-Oeste**

Para a realização deste capítulo utilizou-se a obra do autor Edmon Nimer (1979). O caráter do regime de chuva na região Centro-Oeste se deve quase que exclusivamente aos sistemas regionais de circulação atmosférica. A influência do relevo regional sobre o regime, e até mesmo sobre a distribuição espacial da precipitação nesta região, é de tão pouca importância que não chega a interferir nas tendências gerais determinadas pelos fatores dinâmicos.

Em quase toda a região, de acordo com Nimer (1979) mais de 70% do total de chuvas acumuladas durante o ano se precipita, normalmente, de novembro a março, sendo geralmente mais chuvoso o trimestre janeiro-fevereiro-março na região Norte; dezembro-janeiro-fevereiro no centro; e novembro-dezembro-janeiro na região Sul. Durante o trimestre mais chuvoso, chove em média de 45 a 55% do total anual.

Esse regime muito concentrado decorre da frequência quase diária do principal fenômeno causador de chuva na região (Linhas de Instabilidade Tropical) e sua ausência quase absoluta no inverno. A menor dependência das chuvas oriundas das Linhas Instabilidade Tropical e a maior participação, no inverno, de chuvas frontais nas regiões meridionais explicam o regime mais equitativo das chuvas em Mato Grosso do Sul (NIMER, 1979).

O inverno, ao contrário, é seco. Nesta época do ano (junho-julho-agosto), as chuvas são mais raras, havendo em média, 4 a 5 dias de ocorrência deste fenômeno por mês, sendo um tanto mais raras no setor oriental de Goiás, onde é comum a ausência completa de chuva durante pelo menos 30 dias (NIMER, 1979).

A carência de chuva nesta estação decorre do seguinte: durante o inverno, são muito raras as passagens de correntes perturbadas de Oeste, representado por Linhas de Instabilidade Tropical, e apenas o extremo Norte da região está sujeito às raras chegadas das chuvas do sistema de correntes perturbadas de Norte, ficando a região dependente, quase que exclusivamente, das chuvas frontais proporcionadas pelas frentes frias trazidas do Sul pelo

anticiclone polar. Este, por sua vez, mesmo nos invernos úmidos (invernos que se caracterizam por um notável fluxo de ar polar), invade a região Centro-Oeste uma vez por semana, geralmente proporcionando 1 a 2 dias de tempo instável. Somente os mais poderosos anticiclones polares propiciam instabilidade mais duradoura, acompanhada de “friagens”. Estes, como foi assinalado, são raros (NIMER, 1979).

Em relação a temperatura, Nimer (1979) afirma que o clima quente domina em quase toda a região Centro-Oeste. Sua característica mais marcante é a frequência quase diária de temperaturas altas, sobretudo em Mato Grosso e em Goiás, onde, em seus meses mais quentes (setembro-outubro), são muito frequentes máximas diárias superiores a 38°C, alcançando, às vezes, valores superiores a 40°C. Dentre estes locais, destacam-se o Pantanal Mato-Grossense e o Norte Goiano, onde, ocasionalmente, registram-se máximas diárias em torno de 42°C.

As únicas áreas importantes que têm pelo menos um mês de temperatura média inferior a 18°C estão localizadas no Sul de Goiás e em Mato Grosso do Sul, onde a ação simétrica de fatores regionais e locais tornam o clima menos quente, o qual pode ser denominado subquente (NIMER, 1979).

O clima subúmido abrange quase todo o Estado de Goiás e parte dos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Trata-se de um clima tipicamente tropical, cujo regime sazonal é controlado fundamentalmente por massas de ar originárias da zona tropical, sobretudo pelo anticiclone do Atlântico Sul (NIMER, 1979).

Desse modo, a despeito da existência de áreas úmidas e subquentes (e até diminutos e dispersos locais mesotérmicos), o traço climático mais marcante na região Centro-Oeste é a existência de um vasto domínio de clima tropical-quente-subúmido, que se estende por quase toda a área de cerrados, envolvendo os terrenos cristalinos de topografia semiplana ou acidentada e as chapadas sedimentares (NIMER, 1979).

Mais detalhes sobre a caracterização climática na região Sudeste de Goiás e Catalão podem ser encontrados em: Rodrigues *et al.* (2009; 2012) e Silva e Rosa (2018).

### **3.5 Como surgiram as barraginhas**

Este sistema passou a ser difundido no início de 1993 na região central de Minas Gerais (MG), em solos profundos e porosos. Para a implementação em outras regiões, são feitas as adequações necessárias. No semiárido, por exemplo, em função das características do solo que possui menor capacidade de infiltração, a capacidade dos reservatórios foi ampliada a fim de se compensar a perda da infiltração (EMBRAPA, 2007).

**Figura 11** - Barragem implantada no Norte de MG em parceria com a Secretaria de Estado e Desenvolvimento dos Vales do Jequitinhonha, Mucuri e do Norte de MG e a EMBRAPA



**Fonte:** Agência Minas, 2014.

Em 1997, o sistema foi implantado em uma propriedade rural na microbacia do Ribeirão do Rio Paiol, em Sete Lagoas (MG), tendo como objetivo principal a recuperação de áreas degradadas devido à erosão provocada pelo escoamento superficial das chuvas, revitalizando os mananciais com água de boa qualidade, conforme mostra a Figura 11. Após cinco ciclos de chuvas, foram constatados o pleno funcionamento do sistema com resultados altamente positivos (BARROS, 2000).

### 3.5.1 Benefícios das barragemas

O sistema de bacias de contenção traz diversos benefícios, como a diminuição da erosão do solo, evitando a perda de nutrientes. Ele promove, também, a recarga do lençol freático, o que aumenta o nível de água no interior do solo, contribuindo para a conservação de nascentes e de mananciais de água. Além disso, as barragemas, ao reterem as enxurradas, aglutinam, em seu interior, sedimentos e outros elementos (terra, adubo, pesticidas...) protegendo as baixadas e corpos d'água do assoreamento e contaminação (EMATER, 2005), como mostra a Figura 12.

**Figura 12** - Barraginha após a infiltração de um metro em um dia, a lama no talude ainda se encontra úmida



**Fonte:** Projeto Barraginhas, 2014.

As barraginhas também são de grande importância na manutenção das estradas vicinais por diminuírem os danos causados pelas enxurradas, além de promoverem o reaproveitamento do cascalho (sedimento) que ficam retidos nas bacias de contenção. Desta forma, elas são vistas como facilitadoras para a administração pública, uma vez que mantêm as estradas rurais em boas condições de tráfego, facilitando, principalmente, o escoamento da produção agrícola (EMATER, 2005).

O sistema de barraginhas se aplica bem em áreas de solos degradados como resultado da falta de práticas conservacionistas do solo. As águas captadas pelo sistema infiltram no solo repetidas vezes durante um ciclo de chuvas, contribuindo para o aumento do lençol freático e umedecendo as áreas de baixadas (Figuras 13 e 14). Atualmente esse sistema é utilizado em interação com os lagos de usos múltiplos, sendo uma alternativa para o armazenamento de água em propriedades rurais para diversas finalidades. Essa integração, além do caráter conservacionista, possui um caráter social que garante a sustentabilidade hídrica para diversos agricultores familiares de regiões semiáridas e subúmidas de diversas regiões do país (BARROS *et al.*, 2013).

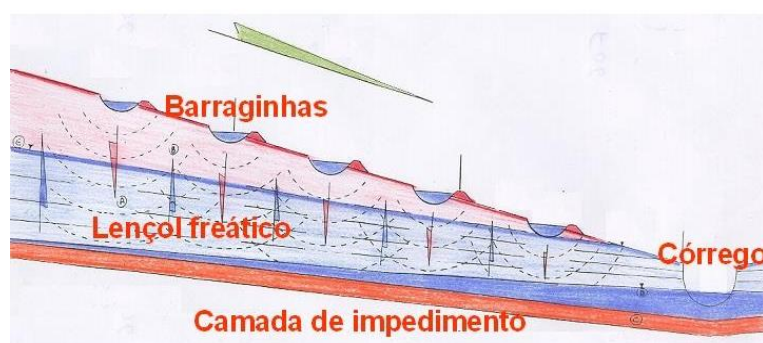
**Figura 13** - Vista aérea de bacias de infiltração e terraços em nível



Fonte: Convênio ANA/Extrema-MG, 2010.

**Figura 14** - Esquema de funcionamento do sistema barraginhas

ESQUEMA 1 – Funcionamento do sistema



Fonte: (BARROS; RIBEIRO, 2009, p. 12).

### 3.5.2 Formas e dimensões das barraginhas

O tamanho e o tipo da bacia variam de acordo com o número de bacias a serem implantadas no terreno, do volume de água que será captado e a velocidade de infiltração da água no solo. As bacias implantadas em terrenos com solo arenoso e profundo possuem maior velocidade de infiltração em contraponto às que são implantadas em solos argilosos, em que a velocidade de infiltração é menor, necessitando, desta forma, ter uma maior dimensão (EMATER, 2005).

As bacias de infiltração podem ter diversos formatos. Os mais usados são: Circular (Figura 15); Meio-círculo ou semicircular; Quadrada; Retangular; Indefinida (EMATER, 2005).

As dimensões da bacia variam de acordo com o seu formato. Porém, em todos os casos, a linha de maior dimensão deverá ser posicionada no sentido perpendicular ao declive do

terreno (EMATER, 2005). A seguir são indicadas as dimensões mínimas e máximas para os principais formatos de bacias de infiltração.

- Circular e semicircular: Deverá ter de 3 a 15m de diâmetro, com a profundidade variando de 0,8 a 2,0m.
- Retangular: Deverá ter no mínimo 3x6m e no máximo 6x10m, sua profundidade pode variar de 0,8 a 2,0m.

**Figura 15** - Barraginha circular



**Fonte:** Projeto Barraginhas, 2014.

A construção de bacias de infiltração com grandes dimensões não é recomendada. Em contrapartida, recomenda-se a construção de bacias menores em sequência, onde a água captada passe de uma para outra (EMATER, 2005).

### 3.5.3 Seleção do tipo e identificação dos locais de aplicação das bacias de infiltração

Para a correta implantação das bacias de infiltração, inicialmente, faz-se necessário uma avaliação da área em questão, levando em conta características da região, como o relevo, a cobertura vegetal e o tipo de solo. Como visto anteriormente, as bacias devem ser selecionadas tanto em tamanho quanto em número de acordo com as características locais. Deve-se considerar o volume da enxurrada, a declividade do terreno e a velocidade de infiltração da água no solo (EMBRAPA, 2007).

Existem algumas restrições para a implantação das barraginhas, como a construção em cursos d'água perenes, em APPs, interior de voçorocas e grotas em "V" como barrancos profundos (BARROS *et al.*, 2013).

As bacias de infiltração devem estar localizadas em áreas sujeitas a enxurradas ou escoamentos prejudiciais de água (EMBRAPA, 2007), conforme pode ser observado na Figura 16. É preferível que as barraginhas sejam implantadas no interior de propriedades rurais em carreadores, ao longo ou no final dos sistemas de terraceamento e às margens de estradas vicinais por terem, esses locais, maior tendência ao processo erosivo causado pelo escoamento superficial (EMBRAPA, 2007).

**Figura 16** - Barraginha durante um período de uma chuva intensa



**Fonte:** Projeto Barraginhas, 2014.

**Figura 17** - Barraginha após uma semana das chuvas, mostrando a área com a água já infiltrada



**Fonte:** Projeto Barraginhas, 2014.

**Figura 18** - Enchimento da barraginha durante uma enxurrada



**Fonte:** Projeto Barraginhas, 2014.

**Figura 19** - Bacia de infiltração (Barraginha) em uma zona rural da cidade de Luz (MG)



**Fonte:** Projeto Barraginhas, 2014.

Observando as figuras apresentadas acima é possível visualizar a quantidade de água que as bacias de contenção conseguem captar. Em terrenos onde a declividade favorece o escoamento superficial com certeza os impactos ao solo se tornam evidentes, por isso se faz necessário a implantação das barraginhas.

### 3.5.4 Recomendações para construção das barraginhas

Com base em estudos realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), apresentamos, a seguir, as recomendações relacionadas à construção e manutenção das barraginhas:

- a) Para a construção das barraginhas, é indicado o uso de máquinas como a pá carregadeira, o trator de esteira ou retroescavadeira. Em alguns casos, as barraginhas podem ser construídas manualmente. Um aspecto que deve ser levado em conta é a quantidade e o tamanho das bacias, que devem ser suficientes para suportar o volume da enxurrada que irá receber (EMATER, 2005);

**Figura 20** - Retroescavadeira utilizada para construção de barraginhas



**Fonte:** Projeto Barraginhas, 2014.

- b) O melhor período para a construção das barraginhas é durante o período de chuvas e até três ou quatro meses após esse período. Desta forma, a construção é facilitada pois o solo ainda se encontra úmido, o que diminui os custos e melhora a qualidade de compactação do solo (BARROS, 2008);
- c) O tempo médio para a construção de cada barraginha é de 1 hora e 30 minutos. As dimensões das barraginhas têm em média 8m de raio em barragens semicirculares, e sua construção deve ser realizada em terrenos com até 12% de declividade, ou seja, onde as máquinas agrícolas podem operar (BARROS, 2008);

- d) Para a construção das barraginhas, deve ser efetuado a limpeza do terreno em que ela será implantada, incluindo-se a área do entorno. A retirada de terra para a construção deve ser realizada do centro para as extremidades, tomando cuidado para se manter as laterais inclinadas formando um talude. Em terrenos com maior declividade, é recomendado que o arraste seja realizado no sentido da sua caída e que as cristas do talude estejam niveladas (EMATER, 2005);
- e) O canal de chamada ou canal condutor, que é o canal responsável pela condução da enxurrada para o interior da barraginha, deve ser bem posicionado, utilizando-se em torno de 0,5m de diferença entre o início do canal e a bacia, podendo ser construído com retroescavadeira e revestido de formas diversas, como por exemplo, com o uso de cascalho, seixos rolados e, em casos específicos, revestidos de concreto ou feitos a partir de manilhas de cimento (EMATER, 2005);

**Figura 21** - Construção do canal de chamada das barraginhas utilizando retroescavadeira



**Fonte:** Prefeitura Municipal de São Pedro do Suaçuí (MG), 2014.

- f) Depois da construção das barraginhas, se faz necessário fazer a manutenção de forma correta a fim de manter a capacidade de armazenamento e infiltração da água. Deve ser realizada anualmente essa manutenção e durante o período seco, realizando a retirada dos sedimentos acumulados dentro da barraginha, podendo estes sedimentos serem alocados no talude externo (borda) ou levados para locais apropriados. É importante ter atenção especial ao canal condutor da enxurrada que também necessita manutenção, deixando-o limpo e com o mínimo de erosão possível (EMATER, 2005);

g) As barraginhas devem ser apresentadas aos produtores rurais gradativamente a fim de que o mesmo vá se inteirando do funcionamento do sistema e veja os resultados positivos a cada ciclo de chuvas. Desta forma, sua motivação é aumentada ao ver os resultados se concretizarem (BARROS *et al.*, 2013).

## 4 METODOLOGIA

Para o sucesso da pesquisa a ser realizada, será necessário seguir alguns procedimentos metodológicos. O serviço de campo será efetuado em uma propriedade rural localizada no município de Catalão, situado na região Sudeste do Estado de Goiás.

### 4.1 Dimensionamento das bacias de retenção

Para o dimensionamento das bacias, deve-se conhecer a lâmina máxima de escoamento superficial, que pode ser determinada pelo método do número da curva, método do balanço da água na superfície do solo, método racional ou do hidrograma (MIRANDA *et al.*, 2009). Posteriormente, quantifica-se a área de contribuição do escoamento superficial para a bacia e, então, estima-se o volume de água a ser retido por ela.

A concepção dos projetos das barraginhas ou bacias de captação, conforme adotado por alguns autores, é bastante desafiadora, uma vez que há inúmeras incertezas associadas às previsões das taxas de precipitação e infiltração a curto e longo prazo. Tais incertezas influenciam na dimensão do volume destas estruturas e tanto projetos subestimados quanto os superestimados trazem grande implicação econômica (MASSAM, 2003).

#### a) Dimensionamento das barraginhas (PRUSKI, 2009)

A prática do sistema de bacias de infiltração tem mostrado uma boa aceitação ao longo dos anos, porém, ainda não apresenta uma metodologia concreta para o seu adequado dimensionamento. Neste material será descrito o procedimento metodológico com o qual pode se proceder o dimensionamento destes sistemas.

O primeiro passo é determinar a lâmina máxima de escoamento superficial utilizando alguns métodos, tais como: o método do número da curva e o método do balanço da água na superfície do solo. Em seguida, deverá ser quantificada a área de contribuição do escoamento superficial da barraginha. O volume de água que será retido pela barraginha pode ser determinado pela seguinte equação:

$$V = \frac{A_{\text{contrib}} \times ES}{1000}$$

$$1000$$

Onde:

V = volume de água a ser armazenado pela barraginha em m<sup>3</sup>;

Acontrib = área de contribuição para a barraginha em m<sup>2</sup>;

ES = lâmina de escoamento superficial em mm.

Para se determinar as características geométricas das barraginhas semicirculares e retangulares, os procedimentos que se seguem devem ser adotados. Deve-se considerar, para o dimensionamento de bacias semicirculares, a profundidade máxima (Hmax), sendo o raio obtido por meio da equação:

$$R = \sqrt{\frac{4V}{\pi H_{max}}}$$

Onde:

R = raio da barraginha semicircular em m;

V = volume de acumulação em m<sup>3</sup>;

Hmax = profundidade máxima de água a ser acumulada em m.

Já para as barraginhas retangulares, o cálculo da largura é dado de acordo com a equação que se segue:

$$B = \frac{2V}{H_{max}L}$$

Onde:

B = largura da barraginha em m;

Hmáx = profundidade máxima de água a ser acumulada em m;

L = comprimento da barraginha em m.

#### b) Referência dos dados pluviométricos utilizados para os cálculos

O cálculo para o dimensionamento das bacias deve considerar a chuva crítica da região. Entende-se como chuva crítica a combinação de sua intensidade e duração, que gera o máximo volume de detenção dada a vazão efluente e o tempo de recorrência do evento. É a chuva de maior intensidade da região, ou a chuva de retorno (MIRANDA *et al.*, 2009).

Serão utilizadas a série das Normais Climatológicas (1961 a 2010) do INMET e o valor máximo absoluto de precipitação pluviométrica das últimas 24 horas da Estação Convencional de Catalão. Para efetuar os cálculos serão considerados o maior e menor valores registrados de precipitação pluviométrica entre os anos de 1961 e 2010, sendo, respectivamente, entre janeiro de 1970 (132,4mm) e junho de 1981 (29,2mm), conforme exposto na Tabela 2.

c) Descrição sucinta do mapeamento realizado

No levantamento de campo para locação e cálculos das áreas de contribuição das barraginhas, serão adotados os critérios específicos com base na localização das mesmas, sendo: a avaliação crítica do local e a locação individual das barraginhas projetadas; o levantamento (em campo) das áreas de contribuição de cada barraginha, com utilização aparelho *Global Positioning System* (GPS) portátil (Etrex/Garmim) para delimitação dos respectivos divisores de água pertinentes; o lançamento das coordenadas encontradas no campo em programa digital apropriado (*TrackMaker*); o cálculo planimétrico das respectivas áreas de contribuição para cada barraginha; a projeção das áreas de contribuição lançadas no *TrackMaker* com visão 3D no programa *Google Earth*; a avaliação crítica das altitudes encontradas no GPS com as altitudes disponibilizadas pelo programa *Google Earth*, em que foi constatado que não houve diferença relevante entre os dados levantados; o dimensionamento das barraginhas conforme critério indicado pela EMBRAPA (método PRUSKI, 2009); a elaboração do mapa de detalhe através do programa *AutoCad*, com locação das barraginhas planejadas e levantadas em campo; e a elaboração do Relatório Final.

Os mapas foram gerados pelo software *Quantum GIS*. O QGIS, como também é chamado, é um projeto oficial da *Open Geospatial Foundation* (OSGeo). Ele pode ser usado tanto para dados vetoriais quanto formatos matriciais, e apresenta diversas funcionalidades. A versão do *software* utilizado foi a 3.18.

Através dessas funcionalidades foram criados alguns mapas, tais como: um mapa de elevação da bacia hidrográfica do Ribeirão Samambaia, gerado a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE); mapas de localização da área de pesquisa, sendo que os dados para sua elaboração foram baixados pelo site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); e um mapa de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) ou, no português, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, que é gerado através de uma imagem *raster* de um satélite.

Os procedimentos metodológicos para a elaboração do mapa de NDVI foram realizados utilizando as imagens selecionadas do satélite Landsat, por serem as mais atuais com as

características desejadas: baixa presença de nuvens, o que possibilitou uma melhor classificação das imagens estudadas e alcance na quase totalidade do município.

O programa *China Brazil Earth Resources Satellite* (CBERS) é uma parceria de longo prazo estabelecido entre o Brasil e a China para o projeto, construção, lançamento e operação de satélites de sensoriamento remoto. Teve início em 1988 e previa a construção de dois satélites - CBERS-1 e 2. Posteriormente, em 2004, assinou-se um acordo complementar e especial para a construção do CBERS-2B. Não obstante, já em 2002, havia sido assinado o acordo para construção dos CBERS-3 e 4 (EPIPHANIO, 2009).

Para obter o NDVI, foram escolhidas as bandas 4R (4 Red) e 5NIR (5 Ned Infrared), que trabalham com comprimento de ondas visíveis na cor vermelha e comprimento de ondas no infravermelho próximo. Ainda foi utilizado, para composição dos trabalhos, o arquivo vetorial do limite da bacia hidrográfica e do limite da propriedade rural. A primeira etapa consistiu em realizar um recorte no arquivo vetorial de limites. Este recorte possibilitou o uso do limite da bacia hidrográfica do Ribeirão Samambaia e da propriedade da área de pesquisa em formato *Shapefile*. O recorte foi realizado no QGIS utilizando a ferramenta “Selecionar feição”. A próxima etapa foi a importação no QGIS das imagens baixadas (Bandas B3 e Banda B4).

Foi possível calcular o NDVI através da Calculadora *Raster* do QGIS por meio da fórmula apresentada a seguir, em que  $\rho_{NIR}$  e  $\rho_{RED}$  são, respectivamente, os elementos de reflectância bidirecional de superfície para as bandas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (RED).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$$

Além disto nos últimos anos têm crescido a utilização dos drones, ou seja, veículos aéreos não tripulados (VANT), para coletas de dados em campo. Dentre os benefícios, podemos citar os baixos custos operacionais, a coleta de dados de alta intensidade, a versatilidade dos sensores embarcados (Câmaras Ópticas), a flexibilidade de operação no momento desejado (como, por exemplo, em fases fenológicas específicas das plantas, em certos eventos meteorológicos, áreas de difícil acesso e perigosas para observação tripulada), a otimização do tempo de voo para evitar cobertura de nuvens (TORRES-SÁNCHEZ *et al.*, 2013; COLOMINA; MOLINA, 2014; AASEN *et al.*, 2015; TANG; SHAO, 2015) e aquisição de dados com alta resolução espacial (SAARINEN *et al.*, 2017).

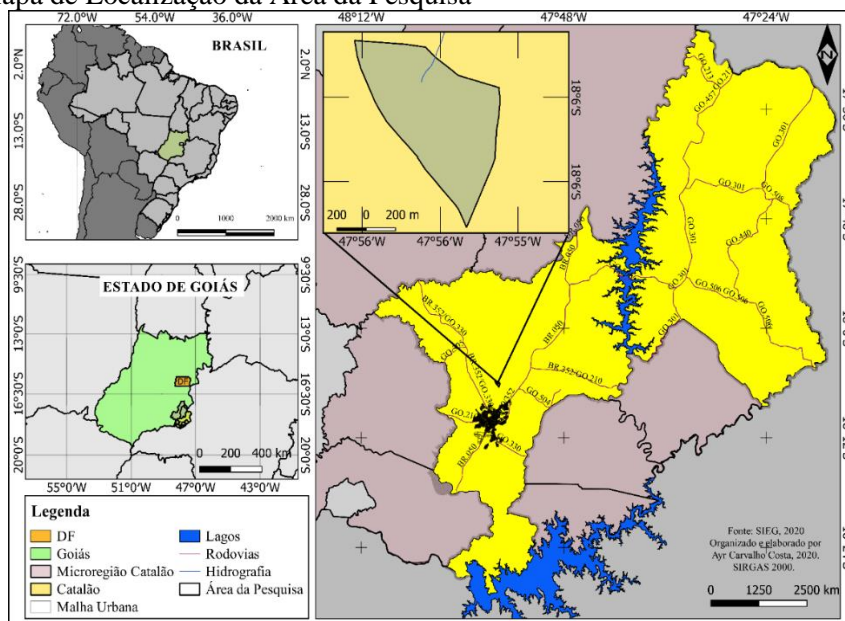
As fotografias aéreas foram capturadas pelo drone *Mavic 2 Pro Fly*, que é um VANT superleve com câmera de altíssima qualidade. Uma excelente ferramenta que pode ser utilizada no auxílio do geoprocessamento e sensoriamento remoto.

## 5 CARACTERÍSTICAS E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE PESQUISA

O município de Catalão está inserido no Bioma Cerrado, que foi atingido pela extensão da fronteira agrícola auxiliada pelo Estado. Tal expansão teve seu início no final dos anos de 1950, e expandida nos anos de 1970, a partir de políticas de modernização da agricultura e da pecuária que, por consequência, promoveu a instalação da agroindústria, impulsionando a produção de *commodities* no setor (SILVA et al., 2019).

Dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) mostram que a temperatura média de Catalão é de 23°C e a pluviosidade média anual é de 1449,6 mm. Numa comparação entre o mês mais seco e o mais chuvoso, há uma diferença de precipitação de 277,6 mm. Já a temperatura média do mês de fevereiro é a mais alta do ano, sendo de 23,9 °C. No mês julho, a temperatura média é 20,20°C. O mês mais seco é julho, com 5,3 mm de precipitação. O maior índice de precipitação ocorre em janeiro, com uma média de 282,9 mm.

**Figura 22 - Mapa de Localização da Área da Pesquisa**



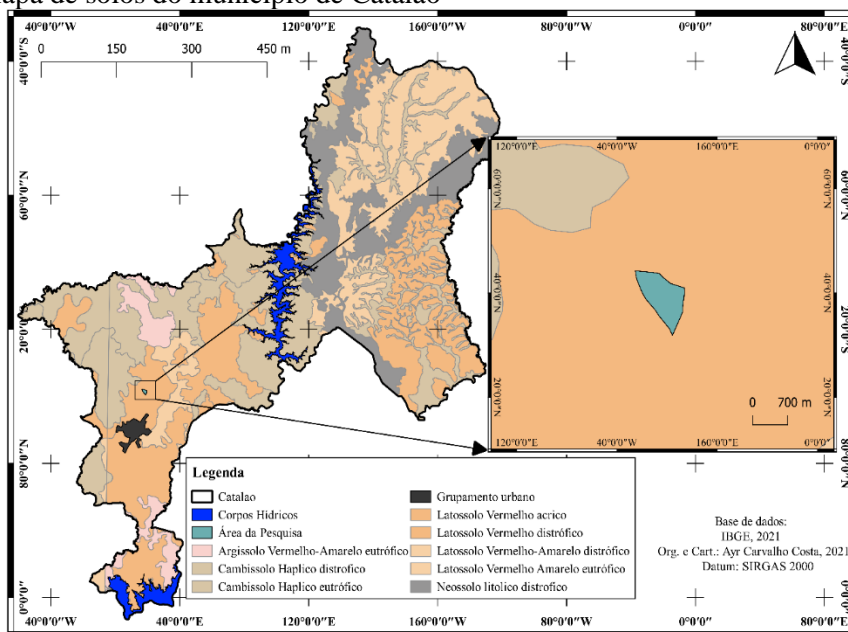
Fonte: elaborada pelo autor (2021).

### 5.1 Tipos de Solo do município de Catalão

Catalão é contemplado com cinco classes de solo predominantes, que são: Argissolos, Cambissolos, Latossolos, Neossolos e Gleissolos (Figura 22). Observando a localização da área de pesquisa em relação ao mapa, é correto afirmar que ela se localiza em uma porção onde o solo é o Latossolo vermelho ácrico. Esse solo tem como característica os baixos valores da

soma de cálcio e fósforo. Este solo é considerado pobre nutricionalmente, sendo necessário a adubação e a correção da acidez para o uso agrícola.

**Figura 23** - Mapa de solos do município de Catalão



Fonte: elaborada pelo autor, 2021.

O Quadro 1 apresenta as classes de solos presentes no município de Catalão dadas por quilômetro quadrado, hectare e porcentagem.

**Quadro 1** - Área das classes de solos do município de Catalão

Classes litológicas	Área		
	Km <sup>2</sup>	Ha	%
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico - PVAe	246,32	24.748,38	6,45
CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico - CXa	153,83	15.499,17	4,04
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico - CXbd	741,51	74.267,46	19,37
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico - LVAd	633,65	63.481,95	16,56
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico - LVd	958,30	95.946,21	25,02
LATOSSOLO VERMELHO Distroférico - LVdf	16,81	1797,21	0,47
LATOSSOLO VERMELHO Ácrico - LVw	58,91	6007,23	1,57
NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico - RLd	535,67	53.683,65	14,00
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico - CXbd + GLEISSOLO HÁPLICO Tb - GXbd	278,40	27.955,98	7,29
Urbano	22,10	2326,68	0,61
Massa D'água	175,97	17.713,53	4,62
Total	3.821,463	383.427,45	100,00

Fonte: SILVA et al. 2019, p. 963.

Com as novas técnicas de produção agrícola, como a calagem, a adubação fosfatada e a adubação potássica, os solos do cerrado (ácidos e inférteis para monocultura) são modificados para receber espécies exóticas. Isso é observado também na propriedade rural onde foi desenvolvida a pesquisa. Com o mapa de uso da terra (figura 26) será possível observar a destinação do uso da propriedade e as áreas destinadas a plantação.

## 5.2 Uso da terra e cobertura vegetal nativa

Em Catalão, o uso da terra é bastante diverso. Assim, é eficaz ter informações de um mapa de uso potencial das terras para melhor utilizar seus recursos naturais. Silva e Rosa (2019) apresentam dados do mapeamento, identificando que a classe de pastagem cultivada conta com 27,65% da área, sendo a de maior ocupação. Esta classe é a que tem mais impactado as APPs, em 13,33%. Quanto à subutilização em solos, chama atenção a classe II no Chapadão, que é ocupada por silvicultura e por pastagem na porção Centro-Sul do município. O cultivo concentrado de silvicultura e culturas anuais no Chapadão é próximo às nascentes e próximo às áreas úmidas e de veredas, apresentando maiores riscos ambientais devido à fragilidade desses ambientes naturais.

**Quadro 2** - Área ocupada pelas classes uso da terra e cobertura vegetal nativa 2017

Classes uso da terra e cobertura vegetal nativa	Área		
	Km <sup>2</sup>	Ha	%
Mata ciliar, Mata de galeria, Palmeiral	433,56	43.355,5198	11,34
Mata seca semidecidual/sempr-verde	10,70	1.069,97475	0,28
Cerradão	54,89	5.488,82475	1,44
Cerrado denso/típico com e sem galeria	8,74	874,29775	0,23
Cerrado ralo/rupestre, Campo rupestre/sujo com galeria	750,39	75.038,6698	19,63
Campo limpo/rupestre com galeria	3,10	309,76775	0,08
Campo sujo úmido com Vereda	68,04	6.803,92975	1,78
Campo limpo úmido com Vereda	13,42	1341,79875	0,35
Cultura agrícola	964,30	96.430,4038	25,23
Cultura agrícola perene	4,91	491,31375	0,13
Cultura irrigada por pivô central	54,86	5.486,48375	1,44
Pastagem cultivada	1.056,86	105.686,19	27,65
Silvicultura (Pinus, Eucalyptus ou Seringueira)	153,50	15.350,0028	4,02
Influência Urbana	37,11	3.710,62775	0,97
Mineração	11,37	1137,39075	0,30
Massa D'água - Água	195,71	19.571,1048	5,12
<b>Total</b>	<b>3.821,463</b>	<b>382.146,300</b>	<b>100</b>

Fonte: (SILVA; ROSA, 2019).

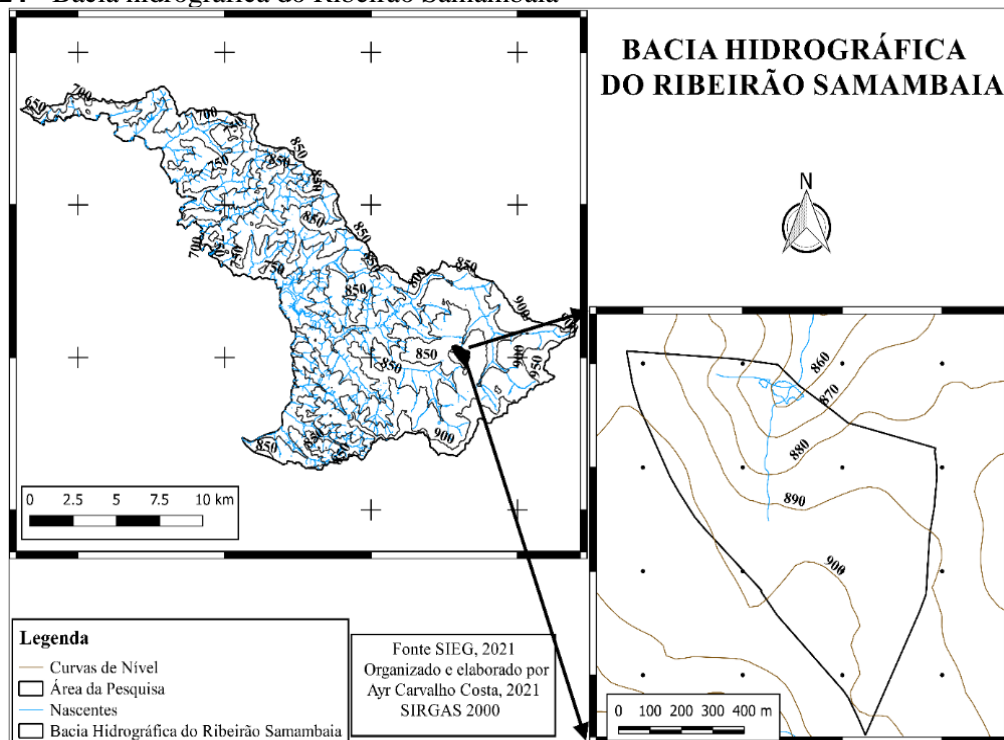
Organização: organizado pelo autor, 2021.

As atividades agrícolas e de pastagem cultivada ocupam juntas o maior percentual de intervenção antrópica do município, conforme mostra o mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal nativa. A classe pastagem cultivada é predominante, representando 27,65% da área, como apresentado no Quadro 2.

### 5.3 Característica da bacia hidrográfica a qual a propriedade de pesquisa se insere

A microbacia do ribeirão Samambaia tem um importante papel como fonte hídrica no abastecimento da área urbana de Catalão. Localizada em uma área de Cerrado, nos municípios de Catalão e Goiandira, no estado de Goiás, esta é uma área que passa por um intenso processo de ocupação, principalmente para o uso agropecuário. Pela sua proximidade com a área urbana de Catalão, a microbacia tornou-se a principal fonte de captação hídrica da cidade (ANA, 2015).

**Figura 24 -** Bacia hidrográfica do Ribeirão Samambaia



**Fonte:** elaborada pelo autor, 2021.

A região de estudo se distribui por áreas de menor dissecação, nas partes mais ao Sul da microbacia, com a presença dos Latossolos vermelhos, Argissolos vermelhos-amarelos e os Gleissolos. As zonas mais rebaixadas e de feições elevadas residuais, no sentido Norte da região, apresentam a permanência dos Cambissolos distróficos e dos Neossolos litólicos (LATRUBESSE; CARVALHO, 2005). Abaixo, segue um mapa expondo os limites da bacia

hidrográfica a qual a nascente da propriedade é uma das contribuintes (Figura 24). Também se observa a disposição da propriedade em relação à bacia hidrográfica.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para que se alcance resultados satisfatórios com a implantação das bacias de contenção (barraginhas), houve a necessidade de obter dados referentes às características dos solos da região e sobre o uso da terra. Portanto houve a necessidade de uma análise do contexto geral. É importante, além do mais, apresentar dados sobre a atual situação da nascente onde se almeja realizar a implantação das barraginhas. Deste modo será possível enxergar o quão a falta de planejamento do uso do solo pode gerar consequências severas ao meio ambiente.

Sempre existiu a necessidade em retirar recursos do ambiente para a sobrevivência do homem. No começo, a maneira que este encontrou para garantir a sobrevivência era por meio da caça e da coleta de recursos naturais, com características de nomadismo. Tais atividades causavam danos inexpressivos ao ambiente devido ao nível simples das técnicas utilizadas. Mas com o passar dos tempos houve um aperfeiçoamento das técnicas existentes, a criação de novas formas especializadas para retirar o máximo de aproveitamento dos solos e, infelizmente, vieram consigo os danos ao meio ambiente.

O uso do solo pode ser compreendido como a forma pelo qual o espaço geográfico está sendo ocupado pelo ser humano e suas atividades que são exercidas nele. Também se relaciona a fatores econômicos e provoca transformações nos fatores naturais, que se transformam e provocam consequências como erosões, enchentes, inundações, entre outros. O uso não consciente da terra acaba dando base para mudanças que são impostas ao meio ambiente e acabam sobrecarregando o sistema, que, por fim, não consegue se regenerar sozinho.

### **6.1 Caracterização das precipitações pluviométricas máximas diárias registradas durante 24 horas em Catalão de 1961 a 2010**

A precipitação máxima é entendida como a ocorrência extrema com duração, distribuição temporal e espacial crítica, e pode atuar sobre a erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, obras hidráulicas, entre outros (BERTONI; TUCCI, 2015). Em obras rurais, o seu conhecimento é necessário para o planejamento de sistemas de terraceamento agrícola, drenagem em estradas e a implantação de barragens para atenuação de cheias (MESQUITA; GRIEBELER; OLIOVEIRA, 2009).

A precipitação é uma variável que apresenta uma grande variabilidade temporal, principalmente na escala de tempo interanual. A Tabela 2 ilustra a distribuição dos totais mensais no município de Catalão no período de 1961 a 2010. Observou-se que a menor altura de chuva registrada foi 29,2mm, em junho de 1981, ao passo que a maior altura foi de 132,4mm,

em 1970, ressaltando uma alta variabilidade que pode ser observada no período seco e chuvoso. O ano de 1986 registrou três meses de precipitação máxima acumulada em 24 horas, sendo agosto (50,2mm), setembro (48,2mm) e dezembro (104,5mm).

Os maiores valores de chuva registrados se concentram entre setembro e abril. A análise da distribuição do total mensal das chuvas indica que grande parte da precipitação ocorre no verão (as quais compreendem os meses de dezembro, janeiro e fevereiro), enquanto o inverno (junho, julho e agosto) é a estação com menor índice de precipitação pluviométrica, como pode ser observado na Tabela 2.

**Tabela 2** - Máximo absoluto diário de precipitação pluviométrica acumulada em 24 horas na cidade de Catalão de 1961 a 2010

MÊS	ANO	mm	MÊS	ANO	mm
JAN	1970	132,4	JAN	1985	100,2
FEV	1980	95,6	FEV	1995	95,1
MAR	1983	92,4	MAR	2004	93,8
ABR	1977	74,0	ABR	2006	69,4
MAI	1972	71,2	MAI	1982	71,2
JUN	1981	29,2	JUN	1993	31,3
JUL	1971	35,5	JUL	1983	34,1
AGO	1986	50,2	AGO	----	-----
SET	1979	49,0	SET	1986	48,2
OUT	1969	97,6	OUT	1981	72,6
NOV	1975	87,8	NOV	1999	77,5
DEZ	1963	116,9	DEZ	1986	104,5

Fonte: (INMET, 2021).

Organização: organizado pelo autor, 2021.

## 6.2 A utilização do NDVI e sua importância no entendimento da APP

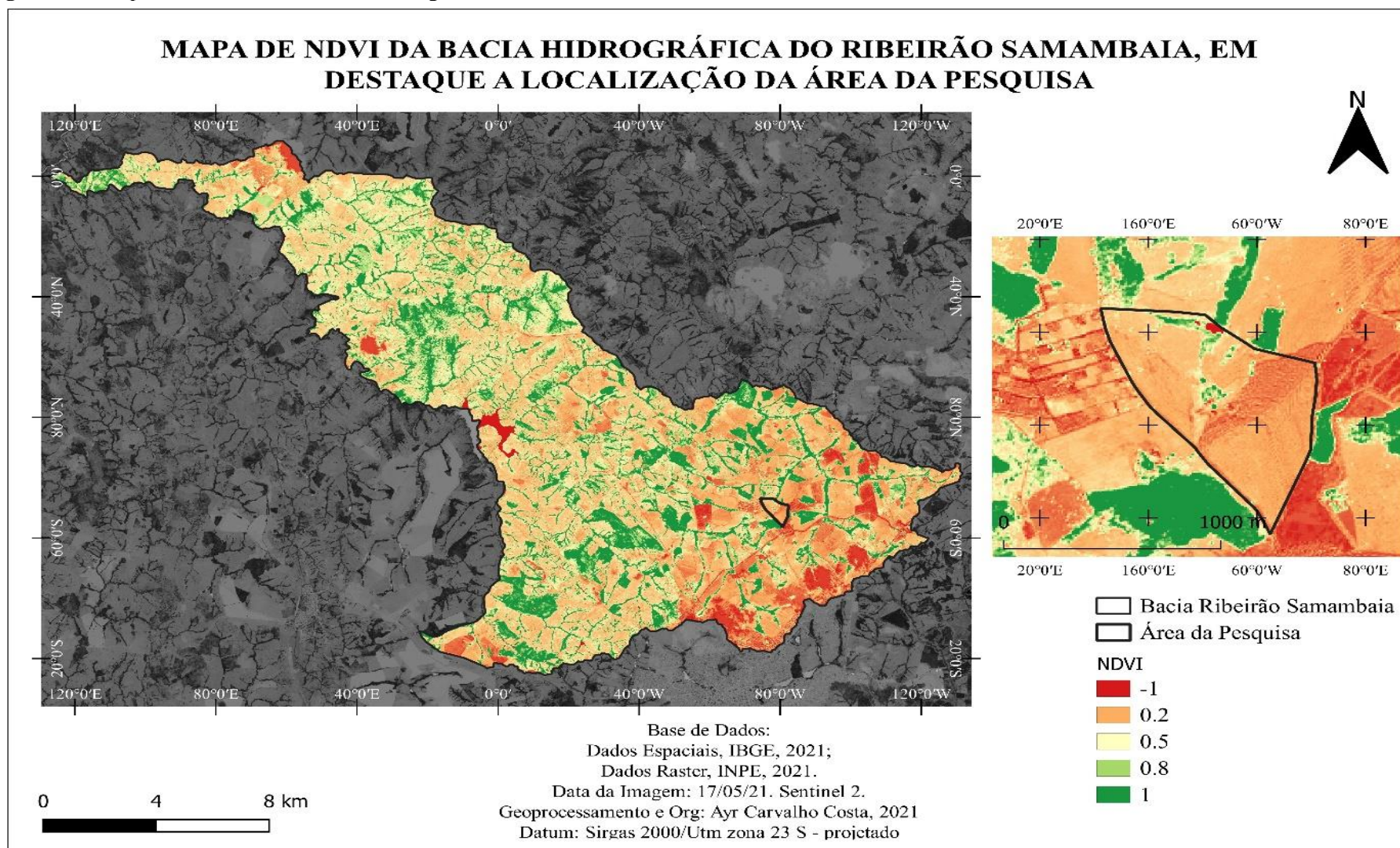
A carta imagem representada pela Figura 25 expõe o grau de severidade da agressão ao meio ambiente, o qual é contemplado pela bacia do principal afluente que abastece a cidade de Catalão. Observa-se, na figura, cores que perambulam do vermelho ao verde. O vermelho pode ser representado como áreas antropizadas ou com presença de hidrográfica (lagos rios, córregos, plantações e áreas urbanas), a cor mais clara representa áreas de vegetação rala (pastagem e árvores de baixo porte) e a cor verde representa, na sua minoria, áreas de vegetação densa (APPs, reservas e plantações de eucalipto).

É visível que a quantidade de áreas verdes e de vegetação densa da bacia hidrográfica é mínima. O que predomina de forma bem ampla são as áreas de vegetação rala e áreas antropizadas. A propriedade rural onde foi feito o estudo tem alguns vestígios de áreas verdes,

sendo eles apenas alguns pontos verdes que representam a nascente, sem o mínimo de vegetação exigido. A característica predominante no total da área são as áreas de pastagem e de plantação.

O uso das terras agrícolas sem planejamento adequado tem gerado consequências ambientais negativas. Certamente o estudo da capacidade de uso das terras proporciona suporte ao planejamento do uso de forma racional, pois auxilia nas análises em ambientes rurais. Lepsch *et al.* (2015) propõe que as terras sejam classificadas por identificação do grau de capacidade de uso, com intensidade mínima a máxima, sendo que, quanto maior a limitação, menor a intensidade de uso.

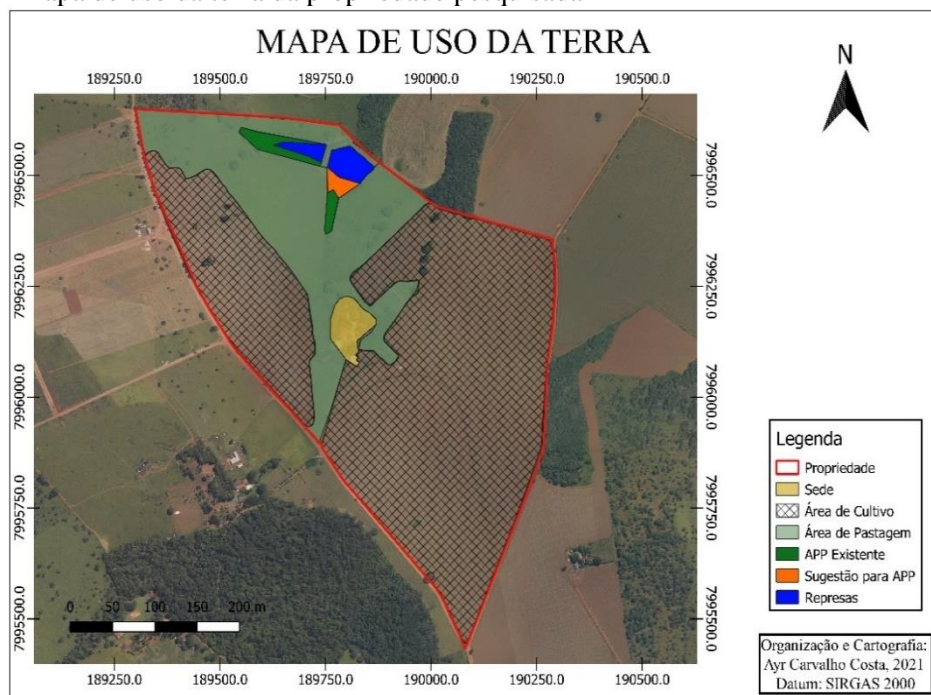
**Figura 25 - Mapa de uso da terra e cobertura vegetal nativa**



Fonte: elaborada pelo autor, 2021.

Como mostra o mapa de uso da terra da área de pesquisa (Figura 26), a mesma não está tão distante da realidade das grandes propriedades. Por mais que a propriedade tenha 62,97 hectares, o que é equivalente a mais ou menos 12 módulos fiscais, ela não é considerada uma propriedade grande, mas sim uma propriedade de tamanho médio de acordo com a classificação do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária). Sua área total destinada ao cultivo é de 43,77 hectares, ou seja, mais da metade da propriedade é destinada a plantação.

**Figura 26** - Mapa de uso da terra da propriedade pesquisada

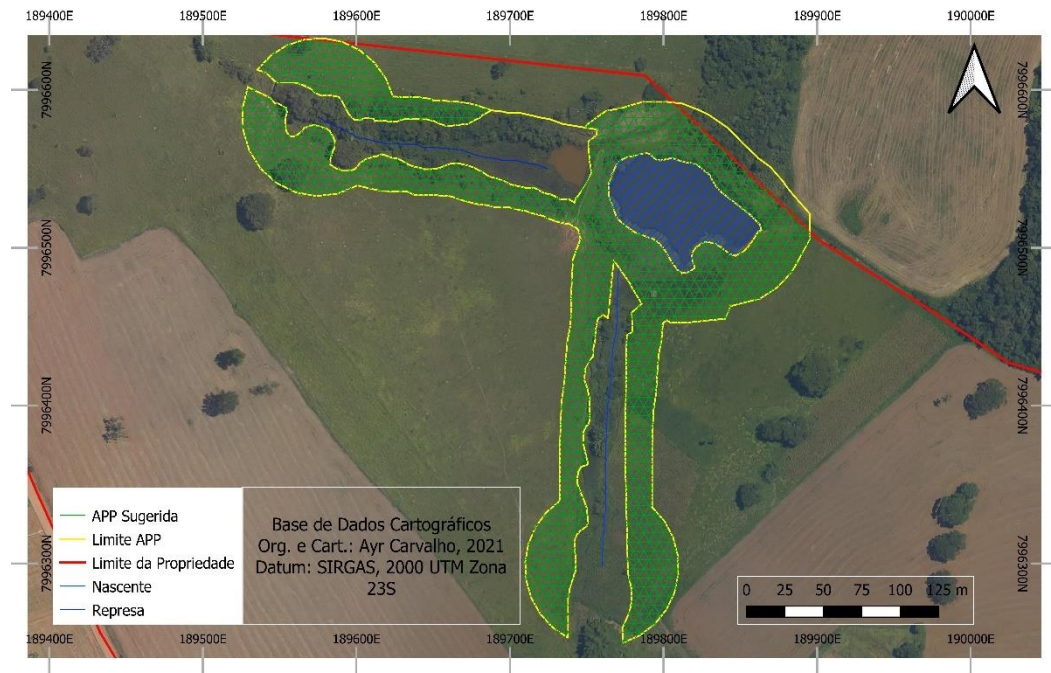


**Fonte:** elaborada pelo autor, 2021.

A área de pastagem tem o total destinado de 15,69 hectares. Esse valor é menos da metade do total destinado ao cultivo, mas não menos impactante ao sistema já que, caso se observe no mapa de uso do solo, a área destinada a pastagem excede os limites da área reservada para a APP. As APPs existentes, somadas, têm o valor em metros quadrados de 7.474,44m<sup>2</sup>, e a área de uma possível proposta de APP seria equivalente a 2.405,72m<sup>2</sup>.

**Figura 27** - Delimitação da APP no município de Catalão

### **Delimitação da APP no Município de Catalão (GO)**



**Fonte:** elaborada pelo autor, 2021.

A carta imagem acima apresenta o limite ideal da APP para a propriedade rural, respeitando os 50m de raio da nascente. Esta proposta seria uma grande conquista para melhorar quantidade e a qualidade de água da nascente e da bacia hidrográfica como todo e beneficiando também o proprietário das terras.

### **6.3 Diagnóstico Geoambiental da APP**

Fazendo uma relação com o mapa de uso do solo se observa, com a ajuda das curvas de nível (Figura 28), que a localização das áreas de cultivo e pastagem são exatamente onde ocorre a recarga do lençol freático. Nos períodos sem cobertura vegetal e com precipitação, a tendência da água pluvial é seguir o sentido com menor elevação, levando consigo sedimentos para dentro da nascente.

É importante considerar as potencialidades dos recursos naturais, as fragilidades dos sistemas ambientais naturais e a possibilidade de recuperação dos ambientes degradados para identificar, com o mapa de uso potencial das terras, como o uso da terra está ordenado, servindo, assim, como suporte para adequar melhor o uso e manejo da terra.

Na área do presente estudo se observa as consequências do mal uso das terras como pode se observar na figura 28. A utilização incorreta e sem planejamento ocasionou uma série

de agravantes para o meio ambiente que, por consequência, exigem um estudo mais aprofundado, com a ajuda de profissionais capacitados, para possível amenização do problema.

**Figura 28** - Foto da nascente sem cobertura



**Fonte:** fotografia do autor (2020).

A nascente está totalmente desprotegida. Acima da nascente, na área de recarga do lençol freático, houve um desmatamento para a criação de uma área para pastagem, que se encontra na parte superior destinada para área de plantação. Sem nenhum tipo de cobertura vegetal, o solo fica exposto e propício à formação de sulcos e, posteriormente, um possível processo de ravinamento, que possibilitaria o transporte de material para o leito da nascente que já está degradada.

Foi observado, em campo, que a APP não está dentro do regulamento enquadrado conforme estabelecido no Art. 4º, inciso IV, do novo Código Florestal, devendo ser delimitada as áreas no entorno das nascentes, assim como no entorno dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua topografia, no raio mínimo de 50m. Nas figuras 28 e 29, também é nítido a presença de sulcos, que são os caminhos por onde a água pluvial está se deslocando no sentido da nascente.

**Figura 29** - Nascente sem cobertura mínima exigida



**Fonte:** fotografia do autor (2020).

Os principais aspectos hidráulicos e construtivos destas bacias têm sido extensivamente explorados na literatura técnica (WANIELISTA, 1978; WEF/ASCE, 1992; URBONAS; STAHLRE, 1993; AZZOUT *et al.*, 1994; ASCE/EPA, 2002). Tais trabalhos se referem notadamente ao dimensionamento dos equipamentos de entrada e saída, e à configuração do fundo e das margens da bacia.

A proposta apresentada tenta minimizar e reparar os impactos ocasionados no entorno da nascente devido a ação antrópica, como a implantação de áreas agricultáveis e a falta de uso de tecnologias adequadas à conservação do solo que, por sua vez, acabaram por ocasionar a compactação do solo e a diminuição das taxas de infiltração.

O que se pretende realizar é a implantação de bacias de infiltração, também conhecidas como bacias de contenção, bacias de retenção, barraginhas ou bolsões. Tais bacias nada mais são que uma área escavada que tem como principal função a contenção das enxurradas por meio da coleta da água que escoar em excesso em propriedades rurais ou estradas vicinais, que oferecem recarga de água subterrânea. Assim será possível conter o assoreamento da nascente e, com o aumento da infiltração de água, melhorar a vazão da mesma.

Segundo a Circular Técnica n. 2 da EMBRAPA (BARROS, 2000), o período ideal para a construção das bacias é a época das águas, até três meses após o encerramento do ciclo chuvoso, quando o solo apresenta ainda uma umidade residual, o que facilita a construção, baixa os custos e dá qualidade de compactação dos taludes das mesmas.

#### **6.4 Proposta técnica de implementação das bacias de retenção na APP**

A Figura 30 que é um croqui planimétrico, apresenta a proposta a ser implantada na propriedade. Através do presente estudo, é proposto a construção de 11 bacias de contenção, cada uma instalada em lugares estratégicos onde a captação da água pluvial será efetiva. O modo como as bacias foram distribuídas pelo terreno margeia principalmente toda a nascente a fim de impedir que o assoreamento dela continue.

Como se tem o início de erosão no solo, decidiu-se implantar barraginhas na cota mais baixa dos sulcos de modo que se impeça a chegada do escoamento superficial até à nascente. A disposição das barraginhas foi elaborada da forma mais eficiente possível para conseguir alcançar os objetivos, mas também sem prejudicar o proprietário da fazenda, sendo que ele será o maior beneficiado desse estudo.

A preservação dessas áreas proporciona um melhor planejamento, gerenciamento e uso dos recursos hídricos, visto que proporciona a regulação da vazão dos rios, distribuindo-a ao longo de todo o ano, evitando, assim, os fluxos repentinos que provocam inundações. A água interceptada evapora, voltando à atmosfera na forma de vapor, de modo que a presença de cobertura florestal em bacias hidrográficas promove a regularização do regime de rios e a melhora na qualidade da água.

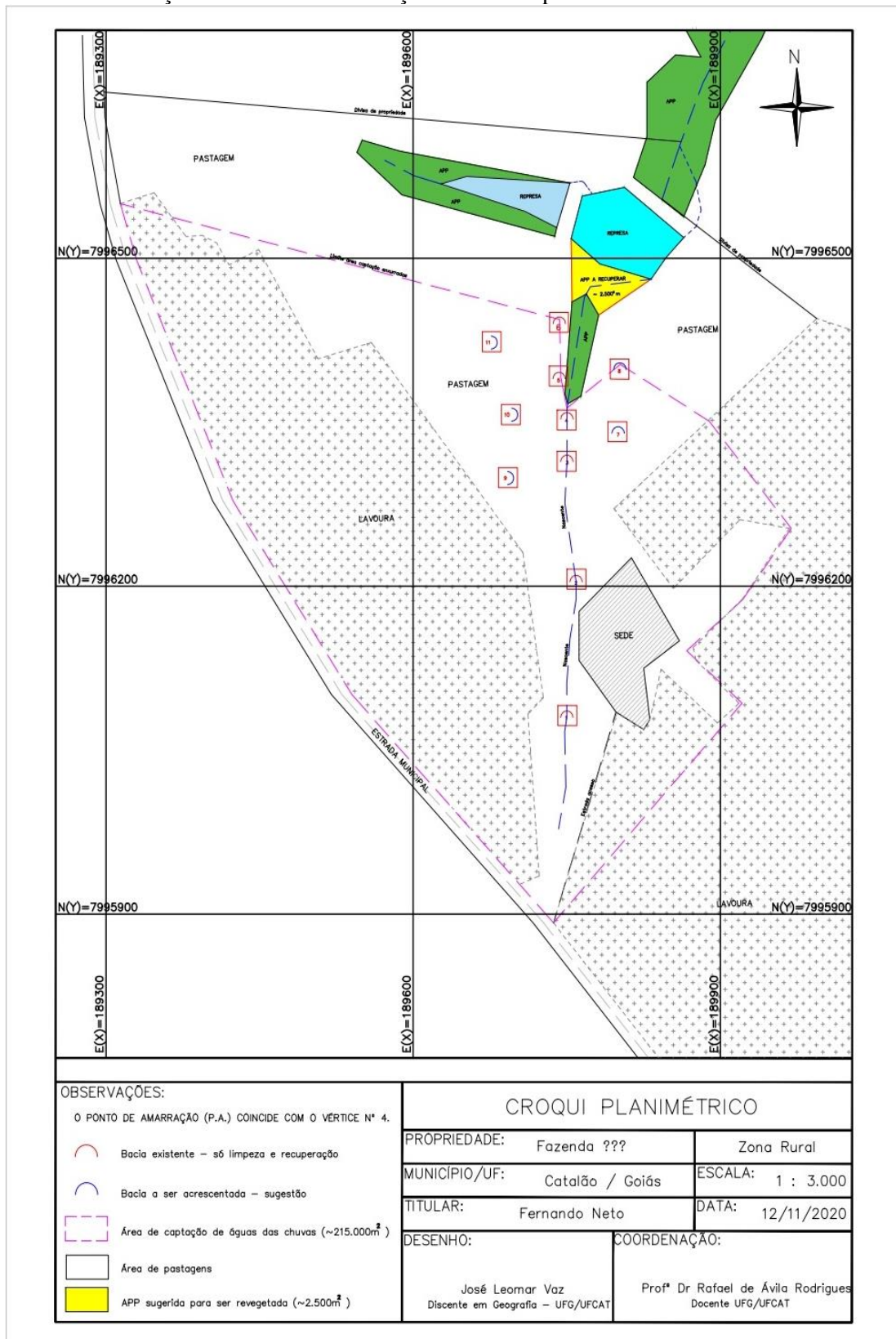
A instauração dessas barraginhas irá contribuir tanto para a recuperação da vegetação da APP quanto para a infiltração de água no ambiente de nascente e, uma vez assoreadas novamente, serão incorporadas à APP sem caracterizar agressão negativa ao ambiente local. Abaixo segue a tabela 3 que apresenta a relação geral das barraginhas localizadas em campo e também expõem dados completos sobre as mesmas como coordenadas de implantação, cota, área de captação total e precipitação bruta.

TABELA 3 - Relação geral das barraginhas locadas em campo

Proprietário	Propriedade	Nº da Bacia	Altitude (m)	Nova ou Existente	Coordenadas Geográficas SIRGAS2000	Coordenadas UTM - (23K) SIRGAS2000	Área de Captação Total (m <sup>2</sup> )	Prec Bruta 29,2mm (m <sup>3</sup> )	Prec Bruta 146,0mm (m <sup>3</sup> )	OBSERVAÇÃO
Fernando Neto	Fazenda dos Sales	1	888	Existente	-18°06'02,550"S -47°55'52,460"W	189758,130 7996205,310	211.639,00	6.179,86	30.899,29	Volume de captação da bacia: 300m <sup>3</sup>
		2	880	Existente	-18°05'59,230"S -47°55'52,770"W	189747,200 7996307,500				Volume de captação da bacia: 300m <sup>3</sup>
		3	877	Existente	-18°05'58,040"S -47°55'52,660"W	189749,970 7996344,070				Volume de captação da bacia: 300m <sup>3</sup>
		4	875	Existente	-18°05'56,720"S -47°55'53,010"W	189738,940 7996384,200				Volume de captação da bacia: 300m <sup>3</sup>
		5	871	Existente	-18°05'55,000"S -47°55'52,890"W	189742,040 7996437,19				Volume de captação da bacia: 300m <sup>3</sup>

Fonte: elaborada pelo autor, 2021.

**Figura 30 - Localização das bacias de contenção a serem implantadas**



**Fonte:** VAZ, J.L. **Croqui Planimétrico.** Catalão: UFG-RC, 2020. Escala 1.3000. (Não publicado)

Segundo Sperling, Tassin e Leite (2006), as bacias de retenção são, na verdade, lagos artificiais de pequenas dimensões que atuam como controladores das vazões de

escoamento em episódios de forte pluviometria, na medida em que permitem a redistribuição temporal e a atenuação dos fluxos. Obviamente sua função é mais relevante em áreas urbanas, onde a alta taxa de impermeabilização do terreno leva à ocorrência de grandes vazões de escoamento superficial.

Pressupõe-se, ainda, a existência de um sistema de esgotamento sanitário do tipo separador, como é usual em nosso país. Devido ao fato destas bacias estarem inseridas em uma paisagem urbana, elas cumprem ainda um relevante papel de harmonia paisagística, podendo servir também como corpo d'água de função recreativa.

Como forma de aplicabilidade da situação, temos o município de Ouvidor (GO), localizado aproximadamente a 15Km da cidade de Catalão, onde a parceria entre a Prefeitura Municipal, a Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão (Universidade Federal de Catalão) e a Fundação de Apoio à Pesquisa (FUNAPE) construíram as chamadas cacimbas em 25 propriedades rurais do município para compor o processo de licitação que contratará a empresa para construção das bacias de contenção em propriedades rurais situadas na bacia hidrográfica do Córrego Lagoa visando melhoria na disponibilidade e qualidade das águas do manancial.

A seguir temos algumas orientações técnicas a fim de planejamento futuro em relação a implementação: a) embora a quantidade de barraginhas planejadas não seja suficiente para atender a demanda do volume d'água das chuvas previstos, é recomendável que a implantação das mesmas seja feito "gradativamente", principalmente relacionados à perda de áreas de pastagens; b) recuperar ou construir mecanicamente as "curvas de níveis" em todas as áreas de pastagens ou agriculturas aplicáveis da bacia do Samambaia-Pari; c) designar um acompanhamento técnico na construção das barraginhas para melhor avaliação crítica do formato das mesmas no ato da sua respectiva construção; d) conhecer a capacidade de infiltração dos solos onde foram construídas as barraginhas; e) recuperar locais dentro das APPs da bacia do Samambaia-Pari onde foram suprimidos a vegetação nativa; f) regulamentar a construção de barramentos e captação de água nos mananciais que compõem a rede hidrográfica da bacia do Samambaia-Pari; g) efetuar acompanhamento, após a implantação das barraginhas ora previstas, para avaliação crítica de melhorias, além da divulgação dos resultados para toda a comunidade local e incremento de novas barraginhas (se aplicável).

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível sentir o reflexo do desenvolvimento do trabalho no meio rural (agricultura, monocultura, pastagem etc.) de maneira cada vez mais presente. Em qualquer propriedade rural de grande, médio ou pequeno porte que tenha sua área destinada à produção agropecuária será possível encontrar algum tipo de impacto negativo ao meio ambiente. Isso se dá porque o proprietário enxerga sua terra apenas com um olhar produtivo em busca do lucro. Porém, ao fazer isto, coloca-se em risco todo um ciclo ambiental de difícil restauração quando corrompido. Com o apoio e incentivo do governo, atitudes que tem como visão apenas a produção, sem se preocupar com os impactos negativos advindos, vem ganhando cada vez mais força no cenário nacional, almejando sempre produzir mais e mais apenas para a obtenção de lucro.

Com esse cenário, é importante que haja estudos que se preocupem com o meio ambiente e também com as consequências geradas por essas atividades econômicas. Identificando com precocidade o problema, as chances de alcançar resultados positivos na recuperação de áreas degradadas são maiores, podendo, assim, fazer com que o sistema ambiental volte a trabalhar com a eficiência que se espera. Cabe aos pesquisadores levar esse conhecimento adquirido através de suas pesquisas para a sociedade, para que a mesma possa ter meios de identificar o problema e também resolvê-lo, ou pelo menos aprender a importância do meio ambiente em equilíbrio.

O presente trabalho trouxe um estudo para a implantação de bacias de contenção (barraginhas) em uma propriedade rural, localizada no município de Catalão, com o intuito de criar bases de sustentabilidade ambiental com a proteção e revitalização dos recursos hídricos existentes. O método utilizado para o dimensionamento das barraginhas foi o indicado pela EMBRAPA, que é o método de MIRANDA *et al.* (2009). Além disso, objetivou-se identificar a atual situação das nascentes da propriedade, bem como analisar em qual estado de degradação elas se encontram.

Os mapas gerados no trabalho contribuíram positivamente para a compreensão dos objetivos buscados. No croqui planimétrico é exposto a localização sugerida das bacias de retenção. Elas foram distribuídas segundo os métodos sugeridos pela EMBRAPA. Em relação a situação das nascentes, observou-se que elas estão sem as áreas de preservação permanente. Também foi possível observar um grau de assoreamento pelo fato de o terreno acima estar sem a devida cobertura vegetal, com isso, acarretando, nos períodos chuvosos, o transporte de sedimentos para dentro de seus leitos. Com a implantação das barragens de contenção e a recuperação das APPs, espera-se a amenização desses problemas.

A pesquisa, ao longo do seu processo, teve algumas dificuldades. Devido a pandemia do novo Coronavírus, a Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão teve seus prédios fechados, impedindo, por exemplo, o uso do laboratório de solos. A intenção era efetuar uma coleta do solo de cada lugar de instalação das barraginhas para se ter melhor precisão dos dados de infiltração que, por consequência, produziriam evidências para um melhor dimensionamento das barraginhas.

Também se evitou muitas visitas à propriedade da pesquisa devido à pandemia. Isso prejudicou a pesquisa, já que havia a intenção de executar um levantamento planialtimétrico com um aparelho GNSS RTK (Global Navigation Satellite system Real time Kinematic) que geraria um mapa em 3D do entorno das nascentes, possibilitando a visão real do terreno. No entanto, quando a quantidade de casos de COVID-19 teve diminuição na cidade de Catalão, não se tinha mais tempo hábil para a realização dessa atividade de campo.

De todo modo, a pesquisa foi satisfatória apesar dos empecilhos impostos. É importante ressaltar os resultados adquiridos com a pesquisa apresentada. Se é possível a recuperação de ambiente degradado, que assim se faça. A melhoria da vegetação no entorno de uma nascente terá, por consequência, uma melhor infiltração de água no lençol freático aumentando o volume de água nos córregos e rios da bacia hidrográfica. Através desse impacto positivo, uma água de melhor qualidade poderá ser oferecida para a população usufruir.

## REFERÊNCIAS

- AASEN, H.; BURKART, A.; BOLTEN, A.; BARETH, G. Generating 3D hyperspectral information with lightweight UAV snapshot cameras for vegetation monitoring: from camera calibration to quality assurance. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 108, p. 245-259, 2015.
- ALVARENGA, A. P. **Avaliação inicial da recuperação da mata ciliar em nascentes**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004. Disponível em: [http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/36033/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O\\_Avalia%c3%a7%c3%a3o%20inicial%20da%20recupera%c3%a7%c3%a3o%20de%20mata%20ciliar%20em%20nascentes.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/36033/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_Avalia%c3%a7%c3%a3o%20inicial%20da%20recupera%c3%a7%c3%a3o%20de%20mata%20ciliar%20em%20nascentes.pdf). Acesso em: 16 ago. 2020.
- ALVARENGA, L. A.; MARTINS, M. P. P.; CUARTAS, L. A.; PENTEADO, V. A.; ANDRADE, A. Estudo da qualidade e quantidade da água em microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul - São Paulo, após ações de preservação ambiental. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 228-240, 2012.
- AMORIM NETO, M. da S. **Balanço hídrico segundo Thornthwaite & Mather**. Petrolina: Embrapa-Cpatsa. Comunicado Técnico, 34. 1989. 18p.
- ANA. Agência Nacional das Águas. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água**. Brasília: ANA, 2015. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Resultados.aspx>. Acesso em: 30 jun. 2021.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2016**. Brasília: ANA, 2016. 95p.
- ARAÚJO, L. E.; SOUSA, F. A. S.; RIBEIRO, M. A. F. M.; SANTOS, A. S.; MEDEIROS, P. C. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 2, p. 162-169, jun. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/FSVpjkvPkkKcXhYKmgzz3kC/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 03.2021.
- ASCE/EPA. **Urban Stormwater BMP Performance Monitoring: guidance manual**, 2002. 214p.
- AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- AZZOUT, Y.; BARRAUD, S.; CRES, F. N.; ALFAKIH, E. **Techniques alternatives en assainissement pluvial: choix, conception, réalisation et entretien**. Paris: Lavoisier, 1994. 372p.
- BARRETO, C. E. A. G. **Balanço hídrico em zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani a partir de monitoramento hidrogeológico em bacia representativa**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006. Disponível em: [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-12072006-174253/publico/exemplar\\_final.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-12072006-174253/publico/exemplar_final.pdf). Acesso em: 01. 2020.

- BARROS, L. C. Barraginhas: uma caixa d'água natural. **ProCampo**, v. 3, n. 17, p. 12-13, 2008. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/491298/1/Barraginhascaixa.pdf>. Acesso em: 07. 2020.
- BARROS, L. C. **Captação de águas superficiais de chuvas em barraginhas**. Milho e Sorgo. Circular Técnica, n. 2. Sete Lagoas: Embrapa, 2000. 17p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/484688/1/circ2.pdf>. Acesso em: 01. 2021.
- BARROS, L. C.; RIBEIRO, P. E. A. **Barraginhas: água de chuva para todos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 49p.
- BARROS, L. C.; RIBEIRO, P. E. A.; BARROS, I. R.; TAVARES, W. S. **Integração entre barraginhas e lagos de múltiplo uso: o aproveitamento eficiente da água de chuva para o desenvolvimento rural**. Circular Técnica, n. 177. Sete Lagoas: Embrapa, 2013. 11p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/73167/1/circ-177.pdf>. Acesso em: 06. 2020.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: ABRH; UFRS, 2015. p.177-241.
- BERTONI, J.; LOMBARDINI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 335p.
- BERTONI, J.; LOMBARDINI NETO, F.; BERNATTI JÚNIOR, R. **Equação de perdas de solo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1975. 25p. (Boletim Técnico, 21).
- BLOISE, G de L. F.; JÚNIOR, O. A. de C.; REATTO, A.; GUIMARÃES, R. F.; MARTINS, E. de S.; CARVALHO, A. P. F. **Avaliação da suscetibilidade à erosão dos solos da bacia do Olaria - DF**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 32p.
- BORGHETTI, N. B.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. **Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul**. Curitiba: Roberto Marinho, 2004.
- BRASIL. **Lei Federal nº 12.727, de 17 de outubro 2012**. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei no 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2o do art. 4o da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília, 2012.
- BRUIJNZEEL, L. A. **Hydrology of Moist Tropical Forests and Effects of Conversion: a state of knowledge review**. Paris: Unesco International Hydrological Programme, 1990. 224p.
- CALHEIROS, R. de O.; TABAI, F. C. V.; BOSQUILIA, S. V.; CALAMARI, M. **Preservação e Recuperação das Nascentes: de água e de vida**. Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ. Piracicaba: CTRN, 2004. 40p.

CASTRO, P. S.; LOPES, J. D. S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa: Centro de Produções Técnicas, 2001. 84p. (Serie Saneamento e Meio-Ambiente, Manual nº 296).

CERRI, C. E. P.; MAIA, S. M. F.; GALDOS, M. V.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; BERNOUX, M. Emissões de gases do efeito estufa do Brasil: importância da agricultura e pastagem. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 6, p. 831-843, 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 1999.

COLOMINA, I.; MOLINA, P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: a review. **ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing**, v. 92, p. 79-97, 2014.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Brasília, 2002.

CPRM. **Água subterrânea - Fonte mal explorada no conhecimento e na sua utilização**. 1997. Disponível em: [www.cprm.gov.br/agua1001.htm](http://www.cprm.gov.br/agua1001.htm). Acesso em: 09. 2020.

EMATER - MG. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. **Bacias de captação de enxurradas**. 2005. (Série Meio ambiente). Disponível em: [http://ww.emater.mg.gov.br/intranet/upload/resp\\_ambienta%5Cfolders/bacias%20de%20capta%C3%A7%C3%A3o%de%20enxurradas.pdf](http://ww.emater.mg.gov.br/intranet/upload/resp_ambienta%5Cfolders/bacias%20de%20capta%C3%A7%C3%A3o%de%20enxurradas.pdf). Acesso em: 05 dez. 2020.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Barraginhas para captação de enxurradas**. Centro Nacional de Pesquisas de Milho e Sorgo. 2007. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25348/1/barraginha2.pdf>. Acesso em: 09 dez. 2020.

EMMERICH, W.; MARCONDES, M. A. P. Algumas características no manejo de bacias hidrográficas. **Boletim Técnico**, n. 18. São Paulo: Instituto Florestal, 1975. 24p.

EPIPHANIO, J. C. N. CBERS: estado atual e futuro. *In*: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2009, Natal. **Anais [...]**. Natal: INPE, 2009. p. 2001-2008.

FERNANDES, F.C.F. **Caracterização das condições ambientais das nascentes da microbacia do córrego Areia Preta** – Dom Cavati-MG, 2016. 52 p. Monografia (Especialização em Meio Ambiente) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais São João Evangelista.

FERREIRA, R. A.; NETTO, A. de O. A.; SANTOS, T. I. S.; SANTOS, B. L. Nascentes da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Poxim, Estado de Sergipe: da degradação à restauração. **Revista Árvore**, v. 35, n. 2, p. 265-277, 2011.

FREIRE, C. C; OMENA, S. P. F. de. **Princípios de hidrologia ambiental**. Curso de aperfeiçoamento em Gestão de Recursos Hídricos [modalidade a distância]. CTHidro, 2005.

FUSHIMI, M. **Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP**. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2016. 199f.

GOMES, E. C. F.; OLIVEIRA, N. N. de.; JUNIOR, L. G.; CABRAL, F. G. dos S. Diagnóstico Ambiental das Nascentes do Córrego Saraiva, Betim - Minas Gerais. *In: V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental do Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais*, Belo Horizonte, 2014. **Anais [...]**. Belo Horizonte: IBEAS, 2014.

GUERRA, A. J. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 8. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 464p.

IGAM - MG. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Projeto Barraginhas**: captação de águas da chuva, visando o aumento da disponibilidade da água, promoção do desenvolvimento e da cidadania no meio rural. 2014. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/sistemadegerenciamento/CTIG/5.4-projeto-barraginhas-modelofhidro-atualizado-2.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais Climatológicas**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 06 out. 2020

LATRUBESSE, E. M.; CARVALHO, T. M. **Mapa Geomorfológico de Goiás e Distrito Federal**. Superintendência de Geologia e Mineração do Estado de Goiás, Goiânia, 2005. 67p.

LEPSCH, I. F.; ESPÍNDOLA, C. R.; VISCHI FILHO; O. J. HERNANI, L. C.; SIQUEIRA, D. S. **Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 170p.  
LIMA, W. de P. **Hydrologic behavior of two small watersheds in west Virginia undergoing natural reforestation**. Thesis (Master of Science) – Ohio State University, Columbus, USA, 1971. 144p.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2.ed. São Paulo: EDUSP, 1996. 301p.

LOPES, I. **Principais tipos de nascentes**. 2012. Disponível em: <http://ireneslopes.blogspot.com.br/2012/06/principais-tipos-de-nascentes.html>. Acesso em: 03 jun. 2016.

MASSAM, J. W. **A Design Manual for Sizing Infiltration Ponds**. Final Research Report Research Project Agreement No. Y8265 Implementation of Infiltration Ponds Research Washington State Transportation Commission Department of Transportation and in cooperation with U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, oct. 2003.

MERTEN, G. H.; CAVIGLIONE, J. H.; CIACOMINI, D. C.; RUFINO, R. L.; MEDEIROS, G.; SAINTRAIT, D.; RIBAS, G. C.; DEDECEK, R.; KESSLER, C. A. **El uso del SIG del modelo USLE para determinar mapas de erosion potencial y actual em las microcuencas pilotos de Água Grande y Córrego do Pensamento**, Mamborê, Brasil, Santiago, Chile: Proyecto Regional GCP/ RLA/107/JPN. (FAO documento de campo 6). 1995. 43p.

MESQUITA, W. S.; GRIEBELER, P. N.; OLIVEIRA, L. F. C. Precipitações máximas duárias esperadas para regiões central e sudeste de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 73-81, abr./jun. 2009.

MIRANDA, A. C. R.; DA SILVA, D. P.; MELLO, E. L.; PRUSKI, F. F. Implantação, avaliação e monitoramento de práticas mecânicas para conservação de solo e água. *In*: PRUSKI, F. F. **Conservação do solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV, 2009. 279p. p. 216-259.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Ciclo Hidrológico**. Brasília: MMA, 2017. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>. Acesso em: 09 dez. 2020.

MMA/SRH. Ministério do Meio Ambiente. **Águas subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido**. Brasília: MMA, 2007. 40p.

MOSCA, A. A. O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental para o manejo de floretas plantadas**. 2003. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2003.

NASCENTE. *In*: **Michaelis Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa**. Ed. Melhoramentos. 2017. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/nascente/>. Acesso em: 05 ago. 2020.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 421p.

PEIXOTO, J. P.; OORT, A. H. Le cycle de l'eau et le climat. **La Recherche-Special: L'eau**, v. 21, p. 570-579. 1990.

PEREIRA, L. C. **Uso e conservação de nascentes em assentamentos rurais**. Recife, 2012. 181p.

PINTO, L. V. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, E. Estudo das Nascentes da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras. **Revista Scientia Forestalis**, n. 65, p. 197-206, jun. 2004.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV, 2009. 279p.

RADAMBRASIL. **Vetores pedologia**. Rio de Janeiro: Divisão de publicação do projeto RADAMBRASIL, 2016. (Folha SE 22 Goiânia). (mapas, 1:250.000). Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/cartas>. Acesso em: 12 jan. 2021.

RAMOS, M. M. **Avaliação da implantação de técnicas de conservação e recuperação de nascentes e áreas degradadas: estudo de caso na comunidade rural de Padre Trindade no município de Formiga – MG**. 2017. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Centro Universitário de Formiga, Formiga, 2017.

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e Recursos Hídricos**. 1. ed. São Carlos: EESC/USP, 1998. 125p.

RODRIGUES, R. A.; OLIVEIRA, G. A.; FARIA, A. L. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Caracterização Climática no entorno da Usina Hidroelétrica Serra do Facão (GO). *In*: TORRES, F. T. P.; DAGNINO, R. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. (Orgs.). **Contribuições Geográficas**, 2009. p. 521- 542.

RODRIGUES, R. A.; OLIVEIRA, G. A.; FARIA, A. L. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, A.; DELGADO, R. C. Determinação de Regiões climaticamente homogêneas no Estado de Goiás. *In*: ASSIS, A. A. F.; FARIA, A. L. L. (Orgs.). **O onde e o quando: espaço e memória na construção da história e da geografia**, 2012. p. 274-289.

SÁ, M. A. C. de; LAGE, G.; LIMA, J. M. de. **Calibração da potência emitida pelo sonificador para uso em análises de solo**. Lavras: UFLA, 2001. 17p. (Boletim agropecuário, 41).

SAARINEN, N. P.; VASTARANTA, M. A.; NÄSI, R., ROSNELL, T.; HAKALA, T.; HONKAVAARA, E.; WERNECK, E. UAV-based photogrammetric point clouds and hyperspectral imaging for mapping biodiversity indicators in boreal forests. **The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences**, p. 171-175, oct. 2017.

SANTOS, I. dos.; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001.

SHIKLOMANOV, I. World freshwater resources. *In*: GLEICK, P. H. **Water in Crisis: a guide to the world's freshwater resources**. New York: Oxford University Press, 1993.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: Rima, 2003.

SILVA, A. S.; ROSA, R. **Uso potencial das terras no município de Catalão (GO)**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

SILVA, A. S.; ROSA, R. Mapa de capacidade e potencial do uso da terra do município de Catalão (GO). **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 59, 2019.

SILVA, G. H.; ARAÚJO, S. I. Gerenciamento de derrames de petróleo: sensibilidade ambiental x suscetibilidade ambiental x vulnerabilidade ambiental. *In*: IIENCOGERCO, nov. 1994. **Anais [...]**. Salvador, 1994.

SILVA, S. C.; SANTANA, N. M. P. de; PELEGRINI, J. C. Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. **Caracterização Climática do Estado de Goiás**. (Orgs.) Silvando Carlos da Silva, Neiva Maria Pio de Santana, José Cardoso Pelegrini. Goiânia, 2006. 133p. (Série Geologia e Mineração n. 3).

SPERLING, E. V.; TASSIN, B.; LEITE, B. V. Aspectos de qualidade de água em bacias de retenção urbanas. **Revista Brasileira de recursos hídricos**, v. 11, n. 2, p. 27-35, 2006.

TANG, L.; SHAO, G. Drone remote sensing for forestry research and practices. **Journal of Forestry Research**, v. 26, n. 4, p. 791-797, 2015.

TELLES, D. D'A. **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo: Blucher, 2013.

TORRES-SÁNCHEZ, J.; LÓPEZ-GRANADOS, F.; DE CASTRO, A. I.; PEÑA-BARRAGÁN, J. M. Configuration and specifications of an unmanned aerial vehicle (UAV) for early site-specific weed management. **PloS one**, v. 8, n. 3, 2013.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 1, p. 5-27, jan./mar. 2002.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 2000.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impactos da mudança da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 1. p. 135-152, 1997.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Revista Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 55, n. 4, p. 31-33, dez. 2003b. Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252003000400018&lng=en&nrm=iso](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400018&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 06 out. 2020.

URBONAS, B.; STAHERE, P. **Stormwater: best management practices and detention for water quality**. Prentice Hall, 1993. 449p.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Evaluating Ruminant Livestock Efficiency Projects and Programs**. Washington: EPA, 2000.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de Nascentes: produção de água em pequenas bacias hidrográficas**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2011.

VULNERÁVEL. *In: Dicionário Aurélio Básico Da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira S/A, 1988.

WANIELISTA, M. P. **Stormwater management: quality and quantity**, Ann Arbor Science, 1978. 383p.

WEF/ASCE. **Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems**. 1992. 724p.

WEN, Y.; SCHOUPS, G.; GIESEN, N. V. Organic pollution of rivers: combined threats of urbanization, livestock farming and global climate change. **Scientific Report**, v.7, n. 43289, 2017.

WWAP. United Nations World Water Assessment Programme. **Water for people, water for life**. The United Nations World Water Development Report. UNESCO, 2003. Disponível em:

[http://www.un.org/esa/sustdev/publications/WWDR\\_english\\_129556e.pdf](http://www.un.org/esa/sustdev/publications/WWDR_english_129556e.pdf). Acesso em: 10 ago. 2020.

ZANIN, P. R.; BONUMÁ, N. B.; CHAFFE, P. L. B. Características hidrogeologias de nascentes situadas em diferentes modelados de relevo. *In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Bento Gonçalves, 2013. **Anais [...]**. Bento Gonçalves: ABRH, 2013.