



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Universidade Federal de Ouro Preto

Escola de Minas – Departamento de Engenharia Ambiental

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental



Camila Mendes Dutra

Uso e ocupação do solo da sub-bacia hidrográfica do Rio Santa Bárbara: Estudo de Caso do município de Santa Bárbara / MG

Ouro Preto

2022

Uso e ocupação do solo da sub-bacia hidrográfica do Rio Santa Bárbara: Estudo de Caso do município de Santa Bárbara / MG

Camila Mendes Dutra

Trabalho Final de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Engenheira Ambiental na Universidade Federal de Ouro Preto.

Orientadora: Profa. Dra. Marina de Medeiros Machado — UFOP

Ouro Preto

2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

D978u Dutra, Camila Mendes.

Uso e ocupação do solo da sub-bacia hidrográfica do Rio Santa Bárbara [manuscrito]: estudo de caso do município de Santa Bárbara / MG. / Camila Mendes Dutra. - 2022.

63 f.: il.: tab., mapa.

Orientadora: Profa. Dra. Marina de Medeiros Machado.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Ambiental .

1. Uso e ocupação do solo - Estatuto legal, leis, etc.. 2. Legislação - Plano Diretor. 3. Bacia Hidrográfica. 4. Santa Bárbara, Rio (MG). 5. Santa Bárbara (MG). I. Machado, Marina de Medeiros. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 502:504

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Camila Mendes Dutra

Uso e Ocupação do solo da sub-bacia hidrográfica do Rio Santa Bárbara: estudo de caso do município de Santa Bárbara/MG

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto.

Aprovada em 11 de abril de 2022

Membros da banca

Profa. Dra. - Marina de Medeiros Machado - Orientador(a) (Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP)

Profa. Dra. - Livia Cristina Pinto Dias - (Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP)

Profa. Dra. - Bárbara Abreu Matos - (Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP)

[Marina de Medeiros Machado], orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 25/04/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Marina de Medeiros Machado, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/06/2022, às 12:05, 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 http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0339029** e o código CRC **910D6DB9**.

AGRADECIMENTO

A toda a minha família, em especial à minha mãe Jacira, minha irmã Luana e meu namorado Cleiton, por nunca desistirem de mim e em momento algum me deixarem sozinha.

As minhas amigas Amanda, Tamires e Tati pelo apoio e sempre me lembrarem do que sou capaz. À Maria Clara pelas conversas e risadas. À Raíssa pela companhia nessa última fase e sempre me escutar no fim dos dias.

À professora Dra. Marina por toda a paciência, orientação e incentivo a mim dedicados neste trabalho. À professora Dra. Livia pelo trabalho iniciado na disciplina de geoprocessamento e toda dedicação aos alunos da ambiental.

Aos meus colegas de curso, em especial aos amigos do PET, CA e EJ que me ajudaram a evoluir pessoalmente e academicamente, e mais do que tudo foram amigos me ajudaram a distrair nos momentos necessários. Principalmente à Luiza, Vanessa, Vinícius, Manu, Juliano, e Ivo.

A toda a Universidade de Ouro Preto, à Escola de Minas, ao DEAMB e todos os professores que tive a oportunidade de aprender, agradeço pelos ensinamentos.

RESUMO

O meio ambiente tem sofrido alterações crescentes registradas nas últimas décadas. Esse crescimento acelerado proveniente das atividades humanas interfere no ambiente natural, criando situações ao construir e ao ordenar os espaços físicos de acordo com os seus interesses. Apesar de possuir um número significativo de unidades de conservação no interior da sub-bacia do Rio Santa Bárbara, a conservação do seu meio ambiente permanece insuficiente. Desta forma, este trabalho tem objetivo à aplicação das técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto para a análise desta sub-bacia, a partir de alguns parâmetros morfométricos, de características geológicas, de declividade e de uso e cobertura do solo. É possível perceber que a sub-bacia possui o Índice de desenvolvimento Humano (IDH) da região médio com bom resultado, ao mesmo tempo um detrimento da área florestal, devido ao crescimento da mineração e infraestrutura urbana. Sendo o foco do estudo uma análise do município de Santa Bárbara/MG, devido às ocupações e adensamentos em desacordo com seu Plano Diretor. Equiparando o diagnóstico do zoneamento estabelecido pelo Plano Diretor e o cenário ambiental atual do município, verificou-se que não existe disparidade do uso e ocupação do solo com o zoneamento determinado pelo Plano Diretor de Santa Bárbara. Apesar de o Plano Diretor ser recente, existe a necessidade de maior descrição sobre os empreendimentos de mineração, visto que a extração mineral é uma atividade concentrada na região e devem ser feito um estudo detalhado acerca dos impactos ambientais.

Palavras-chave: uso e Ocupação do Solo. Plano Diretor. Bacia hidrográfica. Rio Santa Bárbara.

ABSTRACT

The environment has suffered with increasing changes in recent decades. This accelerated growth from human activities interferes with the natural environment, creating new situations by building and ordering physical spaces according to their interests. Despite having a significant number of conservation units within the Santa Bárbara River Sub-Basin, the conservation of its environment remains insufficient. In this way, this work focuses on the application of geoprocessing and remote sensing techniques for the analysis of this sub-basin, based on some morphometric parameters, geological characteristics, slope and land use and cover, through a study case in the municipality of Santa Bárbara/MG, because of occupations and densifications in disagreement with the Master Plan of the municipality. In an analysis of the data obtained, it is possible to perceive that the sub-basin has the HDI of the medium region with good results, at the same time a detriment of the forest area, due to the growth of mining and urban infrastructure. Equating the diagnosis of the zoning established by the Master Plan and the current environmental scenario of the municipality, it was found that there is no disparity in land use and occupation with the zoning determined by the PDSB. It is concluded with this work that although the Master Plan is recent, there is a need for greater description and a more detailed study on mining enterprises, since mining activities must be considered economically and environmentally, being one of the most present activities in the region. Therefore, the Master Plan will meet the needs of the municipality, ensuring the environmental conservation of the municipal territory.

Keywords: Master Plan, Land Use and Occupation, Santa Bárbara River, Conservation Units, Santa Bárbara.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Localização da Bacia Hidrográfica.	13
Figura 2 — Fluxograma dos objetivos do trabalho.	14
Figura 3 — Relevo e Declividade da Bacia.	25
Figura 4 — Perfil Topográfico do canal principal.	26
Figura 5 — Classificação Geológica.	27
Figura 6 — Variáveis Climatológicas.	28
Figura 7 — Uso do Solo.	29
Figura 8 — Restrições Ambientais.	30
Figura 9 — Estudo de Vazões e APP's.	31
Figura 10 — Usos Outorgados dos Recursos Hídricos.	32
Figura 11 — Usos Insignificantes dos Recursos Hídricos.	33
Figura 12 — Qualidade da água.	34
Figura 13 — Estações Pluviométricas.	35
Figura 14 — Macrozoneamento Municipal e Articulação Municipal.	37
Figura 15 — Uso e Ocupação do Solo.	40
Figura 16 — Restrições Ambientais de Santa Bárbara.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Leisque mencionam a recuperação de áreas degradadas	7
Tabela 2 — Relação APP <i>versus</i> Corpos de água.	18
Tabela 3 — Categorização das cores das drenagens	20
Tabela 4 — Dados socioeconômicos da Sub-Bacia do Rio Santa Barbara.	22
Tabela 5 — Morfometria da Bacia	24

LISTA DE SIGLAS

ANA — Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

Andus — Agenda Nacional de Desenvolvimento Urbano Sustentável no Brasil

APA — Área de Proteção Ambiental

‘APP’ — Áreas de Preservação Permanente

ARSAE — Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário de Minas Gerais

CECAV - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas

CEPAM - Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal

CODEMIG - Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais

Conama — Conselho Nacional do Meio Ambiente

Copam — Conselho Estadual de Política Ambiental

Copasa — Companhia de Saneamento de Minas Gerais

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EUA - Estados Unidos da América

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente

GO — Goiás

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IC - Índice de Conservação

ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

IDE SISEMA - Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

IDH Índice de Desenvolvimento Humano

IEF - Instituto Estadual de Florestas

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas

IQA - Índice de qualidade de água

MapBiomass — Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil

MG — Minas Gerais

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU - Organização das Nações Unidas

ONU-HABITAT - Nações Unidas para Assentamentos Humanos

PCH - Pequenas Centrais Hidrelétricas

PD - Plano Diretor

PDSB - Plano Diretor de Santa Bárbara

PIB - Produto Interno Bruto

RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural

RS - Rio Grande do Sul

SEMAD - Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

UC - Unidades de Conservação

UFOP — Universidade Federal de Ouro Preto

UFV — Universidade Federal de Viçosa

UHE - Usina Hidrelétrica

ZCA - Zona de Conservação Ambiental

ZDES - Zona de Desenvolvimento Econômico Sustentável

ZRA - Zona de Recuperação Ambiental da Bacia do Peti

ZU - Zona Urbana

ZVA - Zona de Vulnerabilidade Ambiental

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo Geral.....	3
2.2 Objetivos Específicos	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1 A Ocupação do Espaço Urbano.....	3
3.2 Planejamento Urbano	4
3.3 Plano Diretor	5
3.4 Uso e Ocupação do solo	6
3.5 Restrições Ambientais	9
3.5.1. Áreas de Proteção Permanente.....	10
3.5.2. Unidades de Conservação	10
4. METODOLOGIA	12
4.1 Área de estudo	12
4.2 Diagnóstico ambiental da sub-bacia do rio Santa Bárbara/MG.	15
4.2.1. Caracterização socioeconômica	15
4.2.2. Caracterização físico-biótico.....	15
4.2.2.1 Morfometria da bacia.....	15
4.2.2.2 Solo e geologia	16
4.2.2.3 Clima.....	16
4.2.2.4 Vegetação	17
4.2.2.5 Disponibilidade Hídrica.....	19

4.3	Levantamento das divergências entre o uso e ocupação do solo e o plano diretor de Santa Bárbara/MG	21
4.4	Principais restrições ambientais do território de Santa Bárbara/MG	21
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
5.1.	Diagnósticos físico-ambiental da sub-bacia do Rio Santa Bárbara.....	22
5.1.1.	Caracterização socioeconômica	22
5.1.2	Caracterização físico-biótico.....	23
5.1.2.1.	Morfometria da Bacia	23
5.1.2.2.	Solo e Geologia.....	26
5.1.2.3.	Clima.....	27
5.1.2.4.	Vegetação	28
5.1.2.5.	Disponibilidade e demanda hídrica	31
5.2.	Divergências entre o uso e ocupação do solo e o Plano Diretor.....	36
5.3.	Restrições ambientais do território de Santa Bárbara/MG	40
6.	CONCLUSÃO.....	43

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento das áreas urbanas verifica-se também o crescimento de ocupações irregulares. A cidade entendida como produto social, analogamente é um campo de tensões entre as classes sociais. Neste contexto, é evidente que as cidades são ambientes segregados por natureza. As camadas de classe alta da sociedade, geralmente, optam por se localizar em áreas ambientalmente seguras, restando ambientes impróprios para as classes menos favorecidas (COELHO, 2001).

Geralmente, a expansão urbana está diretamente relacionada às questões ambientais. Quanto maior a população, mais resíduos são gerados, considerando diferentes padrões de produção e consumo. Dessa forma, o potencial de degradação ambiental é maior devido à capacidade reduzida do meio ambiente em absorver grandes quantidades de resíduos. No entanto, é importante ressaltar que as políticas públicas voltadas à conscientização e à proteção do meio ambiente também são fundamentais, embora inúteis sem fiscalizações (BRANDANI, 2018).

Desta forma, conter e antecipar impactos que podem ser causados no futuro, tais como alagamentos, perda do potencial de geração de alimentos, poluição do ar e solo, impactos irreversíveis sobre a fauna e flora é de grande importância, sendo necessário compreender a relação entre ocupação urbana e degradação. Conhecer as vulnerabilidades implica em entender a susceptibilidade e/ ou a resistência deste frente às pressões externas, de modo a identificar áreas com maior propensão a impactos (MOURA, 2010).

Segundo Franco (2012), um estudo abrangente do ambiente físico, aliado às características de seu uso e ocupação, permite o diagnóstico de diferentes categorias hierárquicas de restrição ambiental, utilizando o mapa de limitação ambiental como um produto abrangente, pelo qual seu potencial pode ser avaliado integralmente.

A análise morfométrica é um recurso importante para caracterizar e descrever as características de bacias hidrográficas. Existem várias aplicações para tal técnica, principalmente para um planejamento ambiental adequado, tais como, na identificação de

inundações, de enchentes e de erosão. Contribuindo como ferramenta de suporte para o planejamento territorial. (DEODORO, 2013).

Nesse contexto, a bacia do Rio Santa Bárbara, classificada sub-bacia da bacia do Rio Doce, apresenta graves problemas ambientais, pois concentram, numa área relativamente pequena, várias atividades econômicas e de alto impacto, como extração mineral, agropecuária, produção de mel e derivados, silvicultura, reflorestamento para produção de carvão e turismo PBCM, (2013). Ainda se destaca pelo conflito de interesses, no que se refere ao uso dos recursos hídricos e de uso e ocupação do solo, representados pelo interesse minerário e ambientalista (DEODORO, 2013).

Diante da problemática apresentada, este trabalho se propõe, portanto, a levantar as características ambientais e de uso e ocupação do solo das terras pertencentes ao município de Santa Bárbara, inserida na sub-bacia do Rio Santa Bárbara, no estado de Minas Gerais, para discutir as principais restrições e conflitos ambientais da região.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo de identificar o uso e ocupação do solo da sub-bacia Rio Santa Bárbara, com foco no município de Santa Bárbara/MG, frente ao plano diretor, através de técnicas de geoprocessamento, SIG e uso de sistemas de coordenadas.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar o diagnóstico ambiental da sub-bacia do rio Santa Bárbara/MG.
- Levantar as divergências entre o uso e ocupação do solo e o Plano Diretor do município de Santa Bárbara/MG.
- Levantar as principais restrições ambientais do território do município de Santa Bárbara/MG.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A Ocupação do Espaço Urbano

É necessário compreender a relação entre o uso e ocupação do solo e o processo de urbanização desordenada nas encostas, considerando que a urbanização das cidades é gradual e dinâmica. Fatores como supressão da cobertura vegetal, sistema de drenagem deficiente, falta de coleta e tratamento de águas residuais domésticas, determinam os riscos de uma localidade. Realizar uma análise temporal da expansão urbana, sem critério de planejamento, e os impactos socioambientais provocados pela deposição de resíduos são alguns dos interesses desse estudo (LIMA, JESUS, *et al.*, 2021).

Segundo Santos et al. (2020), existe a demanda de uma política urbana que possa reparar e/ou mitigar os problemas comuns de variados municípios brasileiros e que, no que lhe concerne, tem alto potencial de não terem em sua realidade objetiva o planejamento como aliado na construção de um espaço mais justo, igualitário e inclusivo.

É importante frisar, como dito por Santos et al. (2020):

O poder público não busca formas preventivas em relação às áreas de risco urbanas. Geralmente as medidas são tomadas no período posterior ao desastre e isso

não resolve o problema em questão. Por exemplo, é preciso realocar pessoas em áreas de risco (por exemplo, encostas urbanas) para locais seguros e possibilitem maior qualidade de vida — o que geralmente não ocorre na prática, mesmo com a existência de um Plano Diretor. Outra medida, já que a anteriormente citada não tem um efeito prático desejável por parte dos gestores públicos, é buscar implementar com uma equipe técnica medidas mitigadoras nas áreas das comunidades que já vivem em áreas de risco (SANTOS, FALCÃO e LIMA, 2020).

Conforme Menechini, Zanetti e Guimarães (2019), o desenvolvimento urbano requer que se proceda em dois eixos: urbanizar e legalizar a cidade informal conferindo-lhe melhor qualidade e o status de cidadania e produzir novas moradias para aqueles que, sem outras saídas e recursos técnicos ou financeiros, invadem terras para morar. A consolidação e melhoria da cidade ilegal e sem urbanização exige o contraponto da produção de novas moradias, do contrário consolidaremos a dinâmica da “máquina de produzir favelas” com as políticas públicas correndo sempre atrás do prejuízo (MENECHINI, ZANETTI e GUIMARÃES, 2019).

3.2 Planejamento Urbano

A legislação ambiental expõe as questões de implantação em ambiente urbano no tratamento da ocupação de fundos de vales em meio urbano. Nesse contexto, pode-se citar a Lei de Parcelamento de Solo (BRASIL, 1986), as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), o Código Florestal e a Constituição Federal de 1988. Esta última referiu um grande progresso, pois introduziu a questão da política urbana mediante o estabelecimento da obrigatoriedade do Plano Diretor e regulamentação da função social da propriedade (ARANA e FROIS, 2016).

No Brasil, ao planejamento urbano é um trabalho árduo. À medida que a modernização do país avança, em contrapartida, um forte modelo de exclusão cresce, favorecendo a desigualdade social, condições de vida de baixa qualidade e crescimento populacional sem planejamento urbano (SILVEIRA, 2012).

Arana e Frois (2016) dizem que, a falta de planejamento no crescimento das cidades leva à ocupação de áreas de vulnerabilidade ambiental. Dessa forma, surgem problemas que exigem uma atuação em conjunto do planejamento e da gestão urbana. O planejamento urbano e ambiental é um instrumento importante na conservação e recuperação de áreas ambientais degradadas.

Silveira (2012) concluiu que, o planejamento é um importante meio para mitigar e prevenir ações antrópicas que prejudiquem o meio ambiente. Contudo, este “planejamento” deve ser elaborado em duas etapas relacionadas: a primeira etapa é o planejamento antecipado, realizado antecedentemente a qualquer intervenção no meio ambiente; a segunda etapa é o monitoramento em que é monitorada as atividades que envolvem este planejamento, podendo assim ter mais eficácia nas medidas de prevenção estabelecidas. Brandani (2018) também destaca que “os espaços urbanizados cresceram em tamanho e complexidade”. Sendo assim, quanto maior a expansão das cidades, se não houver o planejamento, maior a tendência de que ocorram mais problemas socioambientais.

3.3 Plano Diretor

Segundo Ferreira et al. (2017), um plano diretor é um documento, validado na forma de legislação municipal, que estabelece as políticas e diretrizes de desenvolvimento territorial do município. O primordial para o plano diretor seria: ordenar o território municipal, usar o seu solo, promover a boa organização do município, preparar as infraestruturas para o seu desenvolvimento futuro, entre outras funções, sempre respeitando as melhores condições de vida e bem-estar da população.

O Ministério das Cidades (BRASIL, 2004) identifica que, deve ser ponderada questões, como a dimensão econômica, na criação de empregos, e a territorial, que deve ser aliada às propostas de planejamento e gestão urbanos, aumentando o controle do espaço urbano, diminuindo segregação socioespacial e a expansão desordenada da malha urbana, e reabilitando áreas urbanas consolidadas. Com esse foco na subdivisão do território municipal, pensando na melhor forma de proporcionar qualidade de vida aos habitantes de uma cidade, para mitigar os impactos e a degradação no ambiente urbano, evidencia-se o zoneamento urbano ambiental (CANEPA, 2007; SOUZA, 2002).

Logo o zoneamento ambiental expande a concepção de zoneamento, possibilitando maior destaque à proteção de áreas de importante interesse ambiental, policiando a ocupação de novas áreas naturais, visando a redução de degradação do ambiente já urbanizado por meio de uso e ocupação compatíveis com as características geomorfológicas, hídricas e climáticas do local (SILVA, 2005 APUD CANEPA, 2007).

Segundo Ferreira et al. (2017), um plano diretor ideal permite que um município melhore toda a sua população, e para isso sua formulação deve contar com a participação direta da população local para proporcionar condições democráticas para todos.

Também é importante ressaltar que, quando a urbanização ocorre em sistemas naturais, sem planejamento e gestão adequada, a degradação ambiental ocorre fortemente com a mitigação de danos, reduzindo assim a probabilidade de implementação de sustentabilidade urbana. Portanto, a urbanização sustentável é um dos maiores desafios hoje (CANEPA, 2007).

3.4 Uso e Ocupação do solo

A Agência Nacional das Águas ANA define a bacia hidrográfica como um sistema delimitado por divisores topográficos, cujo escoamento superficial é direcionado para um curso d'água principal ou outro corpo d'água. A determinação da bacia hidrográfica é considerada uma das diretrizes do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), no Art. 5.º afirma:

“... definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica em que se localiza” (CONAMA, 1986).

Segundo o IGAM (2008), a sub-bacia hidrográfica é definida de forma mais simples, como sendo: parte de uma bacia hidrográfica de um rio maior, correspondente a um de seus afluentes ou tributário. A sub-bacia hidrográfica é definida de forma análoga como sendo: sob o aspecto físico, a bacia não se diferencia da definição de bacia hidrográfica, podendo até ser classificada como uma pequena bacia. Em 1972 o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) propôs a divisão do território brasileiro em sub-bacias, de modo a auxiliar no processamento e armazenamento de dados. A divisão foi um dos trabalhos iniciais do Projeto Hidrologia (ANA, 1972).

Conforme Faber (2011), as primeiras cidades e vilas se estabeleceram e se desenvolveram nas margens dos rios, pois a vida em qualquer forma dependia diretamente dos recursos hídricos. O crescimento populacional leva diretamente a aumentos no uso e cobertura da terra e mudanças no uso da água. Portanto, é necessário planejar adequadamente a ocupação da bacia hidrológica para conciliar os processos naturais da bacia com as necessidades da população (CARAM, 2010).

De acordo com Garcias e Afonso (2013), a poluição dos rios brasileiros é agravada pela falta de controle do uso e ocupação do solo próximo as suas margens, principalmente para as populações mais pobres, que carecem de saneamento básico, contribuindo para a

insalubridade desses ambientes. No entanto, o problema da ocupação urbana não é exclusivo das classes mais pobres, pois em algumas cidades podem ser observados edifícios, para diferentes classes, ocupando margens de rios com matas ciliares e zonas de proteção, irregularmente.

De acordo com Guerra (2011), a ocupação intensa em algumas encostas, causando uma grande impermeabilização do solo, sem ser acompanhado de obras de infraestrutura, como galerias pluviais e redes de esgoto, podem causar grandes alterações na encosta, provocando deslizamentos e outros processos geomorfológicos trágicos.

Devido aos crescentes excessos relacionados ao uso e à ocupação inadequada do solo constatado durante anos, foram elaboradas algumas leis prevendo a conservação e recuperação de áreas degradadas, previstas inicialmente pela Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal 6.938/81 e regulamentada no decreto n.º 88.351/83), baseadas em leis e regulamentos que regem outros países como os EUA, França e Canadá. Com o tempo, o Brasil adotou em suas legislações normas semelhantes no que diz respeito à conservação do solo (FERREIRA e COSTA, 2017).

Na Tabela 1 são apresentadas algumas leis, onde se observa a influência do Ministério Público na regulamentação dos aspectos de recuperação e exploração de recursos naturais, estimulando ações práticas e eficazes de recuperação ambiental.

Tabela 1 que mencionam a recuperação de áreas degradadas

Instrumentos Legais	Características
1. Lei Federal 6.938/81 — Lei de Política Nacional de Meio Ambiente	— Primeira lei no sentido de realmente organizar a política de meio ambiente. — Define como degradação da qualidade ambiental qualquer alteração adversa das características e elementos que integram o meio ambiente.
2. Lei Federal 7.347/85	— Cria instrumentos para viabilizar a recuperação de áreas degradadas, através de um fundo específico e de licitação para contratação de empresa para recuperação de áreas degradadas.
3. Resolução CONAMA n. 001/86	— Estabelece critérios básicos e diretrizes gerais para o Estudo de Impacto ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).
4. Decreto-lei n. 97.632/89	— Obriga a recuperação da área degradada como parte do Relatório de Impacto Ambiental.

	<p>— Institui o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), que pode ser empregado preventivamente ou corretiva, para áreas degradadas por ações de mineradoras.</p>
5. Lei Federal n. 9.605, de fevereiro de 1998	<p>— É a chamada lei dos crimes ambientais, que permite abertura de uma ação e processo penal contra crimes ambientais.</p> <p>— Dispõe sobre sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.</p>
6. Decreto n. 3.420, de abril de 2000	<p>— Cria o Programa Nacional de Florestas que fomenta a “recomposição e restauração de florestas de preservação permanente, de reserva legal e áreas alteradas”.</p>
7. Resolução CONAMA 387/06, de 27/12/2006	<p>-Nesta resolução, estão previstas ações de recuperação ambiental de áreas degradadas, através da elaboração do Plano de Recuperação do Assentamento, onde é programada a recuperação de áreas de reserva legal e de preservação permanente.</p>
8. Lei Federal n. 11.428, de dezembro de 2006	<p>— Estabelece as medidas compensatórias para os casos de supressão de vegetação secundária em estágio avançado e médio de regeneração, quando a recuperação será de área equivalente à área do empreendimento.</p>
9. Decreto n. 6.660, de novembro de 2008	<p>— Prevê o plano de compensação ambiental que, para obtenção da autorização de supressão de vegetação de Mata Atlântica.</p> <p>— Faculta o plantio ou o reflorestamento com espécies nativas, sem necessidade de autorização do órgão ambiental competente, incluindo aí os plantios com finalidade de recuperação ambiental e com finalidade econômica.</p>
10. Lei Federal n. 12.651/12 — Novo Código Florestal.	<p>— Prevê a recomposição gradual das áreas de reserva legal e recuperação das áreas de preservação permanente em diferentes faixas, conforme o tamanho dos imóveis rurais.</p> <p>— Determina que as áreas de preservação permanente e de reserva legal, que não possuem mais sua vegetação natural, são consideradas degradadas, portanto, necessitam legalmente de serem recuperadas.</p>

Fonte: ADAPTADO de ALMEIDA, 2016

3.5 Restrições Ambientais

Áreas com restrições ambientais são aquelas que por legislações não podem ou devem ser ocupadas. Os subitens seguintes são exemplos de restrições ambientais.

As áreas protegidas são espaços com demarcação territorial estabelecida que possuem a função principal de preservação e/ou conservação dos recursos naturais e/ou culturais nelas existentes. Em seu sentido mais amplo elas correspondem a uma das principais estratégias de conservação da biodiversidade, valorização dos territórios das sociedades tradicionais e de desenvolvimento sustentável em todo o mundo. A criação dessas áreas pode ser uma estratégia importante para o controle do território, visto que estabelece limites e dinâmicas de uso e ocupação específicos (MEDEIROS, 2006).

No Brasil o termo áreas protegidas corresponde a um espaço regulamentado que, conforme a Constituição Federal de 1988, atinge além dos objetivos de proteção ambiental, abarcando todos os espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos. Nesse sentido, o governo brasileiro definiu os seguintes espaços territoriais que deveriam integrar as áreas protegidas: áreas terrestres e marinhas do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, as terras indígenas e territórios quilombolas (PEREIRA e SCARDUA, 2008).

O cadastramento de Unidades de Conservação (UC), instituído como um dos critérios de redistribuição de recursos do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços - ICMS possibilita o recebimento do ICMS Ecológico. Tal possibilidade permite à administração pública encontrar alternativas para o fomento de atividades econômicas pautadas nas regras de proteção ambiental e do desenvolvimento sustentável nos seus municípios (BRITO e MARQUES, 2017).

Para recebimento do ICMS Ecológico são analisados os seguintes critérios: a área da unidade de conservação e/ou área protegida; a área do município; o Fator de Conservação e o Fator de Qualidade. O órgão do governo estadual de Minas Gerais responsável pela referida análise é o Instituto Estadual de Florestas (IEF), órgão responsável por gerar o Índice de Conservação (IC), ou seja, os municípios que preservam suas florestas e conservam sua biodiversidade ganham uma pontuação maior nos critérios de repasse e recebem recursos financeiros a título de compensação pelas áreas destinadas à conservação, e, em simultâneo,

um incentivo para a manutenção e criação de novas áreas para a conservação da biodiversidade (BRITO e MARQUES, 2017).

A criação de leis é importante para a gestão, entretanto, para garantir a integridade das Áreas Protegidas é importante coibir ocupações irregulares e o desmatamento, através da fiscalização local e monitoramento remoto, garantindo às populações locais seus direitos exclusivos. Os indicadores de gestão demonstram que um dos desafios é garantir uma inspeção dessas áreas. No caso das Unidades de Conservação é preciso aumentar o número de planos de manejo concluídos e de conselhos gestores formado, bem como reforçar e qualificar o escasso quadro de funcionários lotados nas UCs (VERÍSSIMO, 2011).

3.5.1. Áreas de Proteção Permanente

Instituídas por lei, as Áreas de Preservação Permanente (APP's) visam minimizar os impactos provenientes das ações antrópicas e naturais no meio ambiente. Segundo o Art. 8º do Código Florestal Mineiro Lei nº 20.922/2013, APP é considerada a área, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (MINAS GERAIS, 2013).

As APP's possuem um papel importante para manutenção e conservação das matas ciliares. Segundo Tundisi (2010), a qualidade da água dos rios, lagos e represas está associada diretamente com a vegetação no entorno desses corpos d'água.

A vegetação ciliar possui um poder depurativo, comprovadamente eficiente para reter o nitrato de origem antrópica, evitando desta maneira a contaminação dos rios. Tal ação demonstra a relevância dessa vegetação para conservação do recurso hídrico (BACELLAR, 2005).

Dessa forma, ao delimitar as APP's, pode-se deduzir a ocupação irregular, subsidiando o planejamento dessas áreas, importantes para a manutenção do regime hídrico de um determinado local (VIDAL, 2019).

3.5.2. Unidades de Conservação

Conforme a Lei nº 9.985/2000 do SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza) denomina Unidade de Conservação - UC como áreas naturais passíveis de proteção por suas características especiais. Segundo o Art. 1º, inciso I, da referida legislação, as UCs são “espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais,

com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob-regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção da lei”(BRASIL, 2002).

As UCs são divididas em dois grupos: unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. As UCs de Proteção Integral possuem como principal objetivo a proteção da natureza onde o uso é limitado, ou seja, é admitido somente o uso indireto dos recursos naturais, esse que não envolve o consumo, coleta ou danos nos recursos naturais como, por exemplo, as atividades de recreação, pesquisa científica e educação ambiental. As Unidades de Proteção Integral são classificadas em: estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio da Vida Silvestre (MMA, 2019).

As Unidades de Uso Sustentável objetivam a conservação da natureza aliado ao uso sustentável dos seus recursos naturais. Neste grupo são permitidas as atividades de coleta e uso dos recursos naturais desde que sejam mantidos os recursos naturais e os processos ecológicos. São categorias de uso sustentável: área de Proteção Ambiental (APA), Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) (MMA , 2019).

Atualmente, a implantação de unidades de conservação no Brasil é uma das principais formas de atuação do governo para proteger as áreas da degradação ambiental. No entanto, verifica-se a formulação de leis nesse sentido, mas falta a efetividade do planejamento dessas unidades de conservação, principalmente ao nível municipal (VIDAL, 2019).

Na categoria de uso sustentável, destaca-se a APA como unidade de conservação cuja estratégia de gestão visa alinhar as atividades humanas com a conservação da vida selvagem, proteção dos recursos ambientais, estabilização ou melhoria do meio ambiente e qualidade de vida da população. O objetivo geral da APA é harmonizar o desenvolvimento das ocupações humanas com as características ambientais da região por meio do ordenamento do território, em cooperação com os órgãos governamentais e da participação ativa da comunidade (VIDAL, 2019).

4. METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

O rio Santa Bárbara está localizado no estado de Minas Gerais no Sudeste do Brasil. Ele tem sua origem na união dos rios Conceição e do rio São João. A sua foz está localizada nas coordenadas 19° 47' 01.2" e 43° 05' 52.0", desaguando no rio Piracicaba (ALVES, 2013).

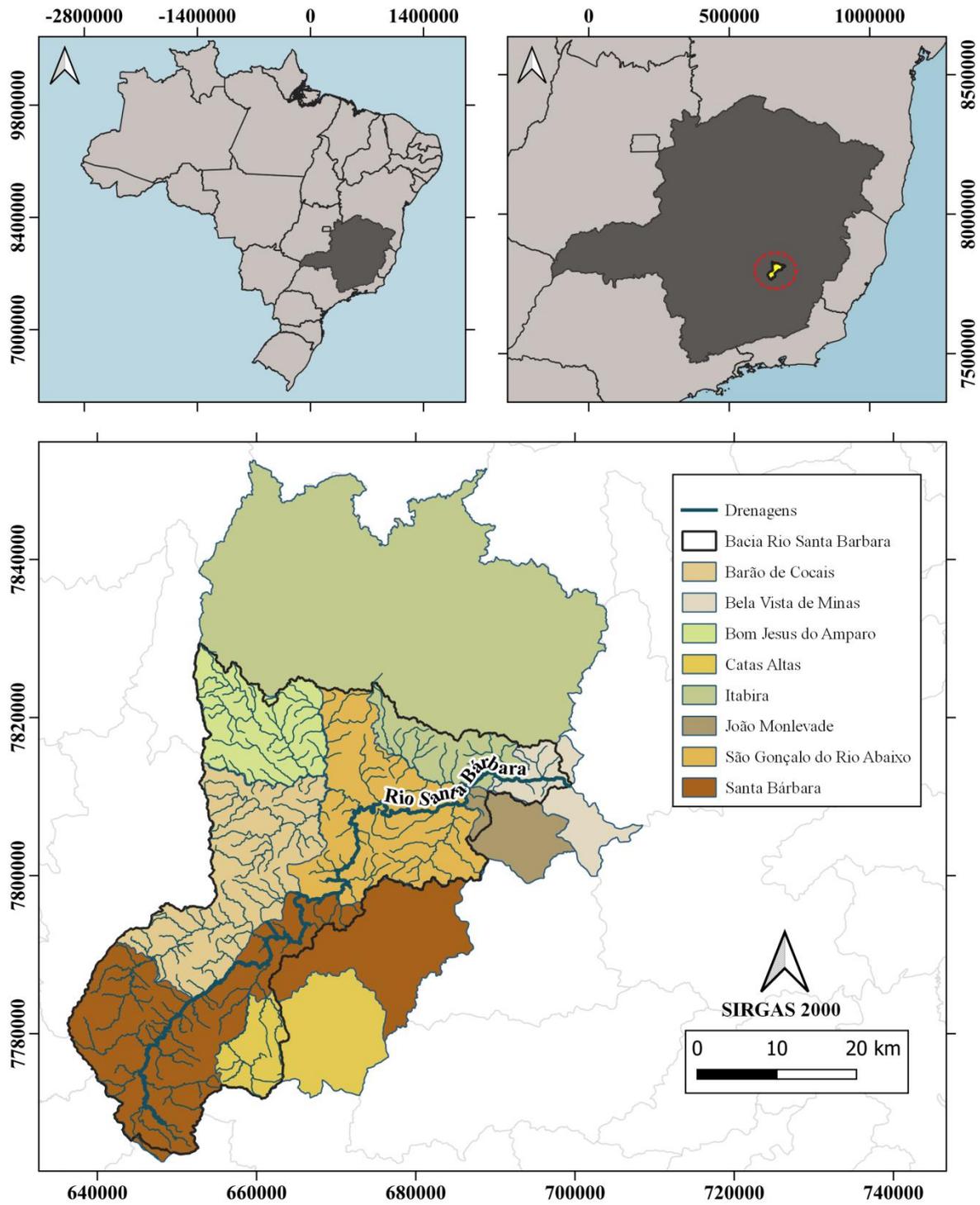
A sub-bacia do rio Santa Bárbara compreende os municípios de Catas Altas, Itabira, São Gonçalo do Rio Abaixo, João Monlevade, Bom Jesus do Amparo, Barão de Cocais, Bela Vista de Minas e Santa Bárbara. Ela tem uma área de 1 590,73 km² e possui uma rede de drenagem abundante, com os principais rios sendo o rio Barão de Cocais, o rio Conceição, o rio Una e o rio Santa Bárbara. Essa sub-bacia pertence à bacia hidrográfica do Rio Piracicaba e por consequência, à bacia do Rio Doce (ALVES, 2013).

Além desses rios, existem outros corpos d'água que se destacam na região da bacia, como o córrego São João e o Ribeirão Caraça. Na Figura 1 estão apresentadas todas as drenagens presentes à bacia do rio Santa Bárbara com destaque aos principais rios e as sedes municipais.

A cidade de Santa Bárbara possui características históricas e conta com uma paisagem urbana composta por igrejas, uma arquitetura deslumbrante, aos pés da serra do Caraça pertencente ao Circuito do Ouro de Minas Gerais (CERN, 2020). No decorrer das últimas três décadas, a população do município se concentrou principalmente na cidade. Em 1991, o grau de urbanização era de 80,86%. Em 2000, o grau de urbanização cresceu para 88,06%, já em 2010, alcançou 88,94% (CERN, 2020).

Recebendo destaque no ranking dos municípios beneficiados com o ICMS Cultural, programa de incentivo à preservação do patrimônio cultural de Minas Gerais, o turismo tornou-se grande parte da receita para o município, que tem na atividade mineradora sua principal fonte de receita. A cultura tem se destacado não só ao nível municipal, mas já extrapola as fronteiras do município, impulsionada pelos investimentos no setor e pelas ações de preservação do patrimônio histórico e cultural (CERN, 2020).

Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica.

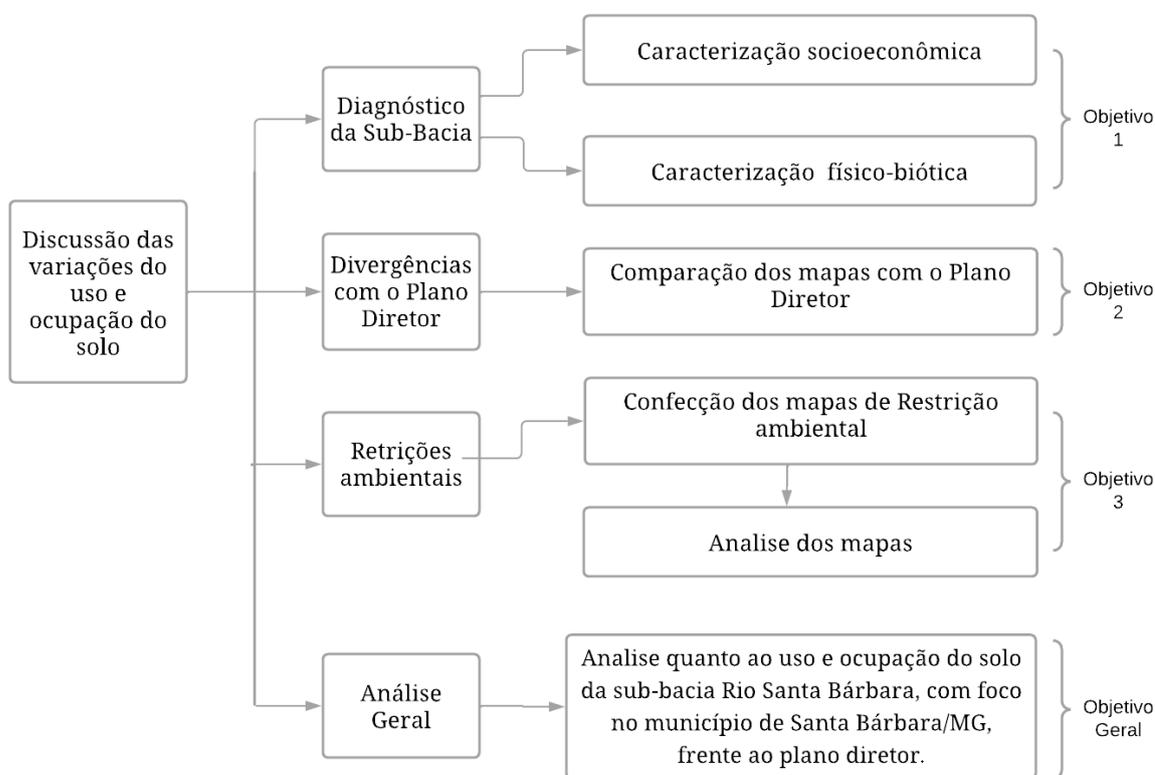


Fonte: AUTORA, 2020.

A metodologia para a execução deste trabalho compreendeu três etapas fundamentais: 1) Diagnóstico físico-ambiental da Sub-Bacia do Rio Santa Bárbara, incluindo as caracterizações socioeconômica e físico-biótica; 2) Análise das divergências na comparação dos mapas com o Plano Diretor do Município de Santa Bárbara; e 3) Caracterização das restrições ambientais de Santa Bárbara — MG.

O fluxograma abaixo (Figura 2) apresenta os objetivos do trabalho relacionando-os com cada etapa da metodologia a ser realizada.

Figura 2 - Fluxograma dos objetivos do trabalho.



Fonte: AUTORA, 2022.

Um dos primeiros dados obtidos neste estudo para a obtenção da localização do Rio Santa Bárbara, foi o download dos dados georreferenciados contendo o mapa de drenagens de todo o estado de Minas Gerais. Esses dados são obtidos na plataforma IDE SISEMA (2020).

Para ser realizada a delimitação da bacia, foram obtidos dados de elevação no sistema TOPODATA em formato matricial das cenas 19S45 ZN, 19S435 ZN, 20S45 ZN, 20S435 ZN em resolução espacial de 30 m × 30 m. Após a união dessas cartas, foram retirados do raster gerado, os números negativos, os pixels vazios e as depressões espúrias. Para delimitação foi utilizada as ferramentas r.watershed e r.water.outlet do GRASS no QGIS 3.14. Com essas

ferramentas são obtidos a direção das drenagens, segmentos de fluxo, número de células, meias bacias, e a delimitação da bacia hidrográfica.

4.2 Diagnóstico ambiental da sub-bacia do rio Santa Bárbara/MG.

4.2.1. Caracterização socioeconômica

Para a caracterização socioeconômica foram coletados dados das cidades contidas na bacia do Rio Santa Bárbara nos sites IBGE CIDADES 2017 e IBGE 2020, com relação à população, IDH, densidade demográfica e PIB do estado de Minas Gerais. Os demais dados sobre as atividades econômicas específicas dos municípios compreendidos no rio Santa Bárbara, obtidos nos *sites* da prefeitura de cada cidade.

4.2.2. Caracterização físico-biótico

4.2.2.1 Morfometria da bacia

Para a morfometria da bacia, foram observados parâmetros **quanto à forma**: área total, perímetro total, comprimento axial da bacia, coeficiente de compacidade (relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área), fator forma (relação entre área e comprimento ao quadrado, em que quanto menor esse coeficiente) e o índice de circularidade (valor que indica o quanto próximo de um círculo a bacia está). Para as **características do relevo**: orientação, altitude, declividade e amplitude da bacia. Para as **características da rede de drenagem**: Ordem, comprimento e densidade da bacia (quanto maior valor, mais bem drenada é a área).

Todos os dados usados para os cálculos foram obtidos por ferramentas como a calculadora de campo, as estatísticas zonais (por meio da camada em modelo digital de elevação sem depressões espúrias) e uso de estatísticas para colunas de comprimento de drenagens adicionadas nas tabelas de atributos. Ainda para descobrir a ordem do canal principal, utilizou-se o SAGA.

Para a declividade, foi elaborada uma nova imagem usando a análise do formato *raster* MDE sem depressões espúrias, com informações em intervalos percentuais baseados na classificação da EMBRAPA (1979). Enquanto para o curso principal da bacia (selecionado pelas feições e transformado em camada *shapefile*), foi realizado um perfil topográfico,

dissolvendo-se o curso principal e usando-se as ferramentas *point along geometry* e o *point sampling tools* para gerar um arquivo em csv, que permite encontrar a declividade média do curso d'água principal.

Não menos importante, o compartimento de relevo (IBGE/EMBRAPA), disponibilizado pelo IDE SISEMA (2020), foi recortado com a camada de delimitação da bacia vetorizada para recorte e oferecerá mais informação sobre a bacia do rio Santa Bárbara.

4.2.2.2 Solo e geologia

Para o estudo da geologia e solos foram coletados os seguintes dados no IDE SISEMA (2020): mapeamento geológico (CODEMIG/CPRM), as áreas de influência de cavidade (SEMAD/CECAV) e o mapa de solos do Brasil (FEAM & UFV). Para tratamento desses dados brutos será utilizada a camada de delimitação da bacia vetorizada para recorte e refinamento de informações.

4.2.2.3 Clima

Em relação ao estudo do clima os dados de precipitação, pressão do vapor da água, temperaturas máximas, mínimas e média serão obtidos no *WorldClim (version 2.1 climate data for 1970-2020)*. Dados estes com a resolução de 2.5 minutos da norma climatológica. Para tratamento destes dados foi necessário estabelecer a estatística zonal de todos os meses para serem implementadas a média de cada um na tabela de atributos da bacia, assim sendo possível extrair estes dados para o Excel.

Sabendo que a umidade relativa do ar pode ser obtida pela razão entre a pressão de vapor e a pressão de vapor a saturação, também foi feito o *download* de dados de pressão de vapor do *WorldClim*. A pressão de vapor a saturação pode ser encontrada partir dos dados de temperatura (Equação de Tetens) como mostrado na $e_s = 0.6108 \times 10^{\frac{(7.5 \times t_{ar})}{(237.3 - t_{ar})}}$ Equação 1 (1930):

$$e_s = 0.6108 \times 10^{\frac{(7.5 \times t_{ar})}{(237.3 - t_{ar})}} \quad \text{Equação 1}$$

t_{ar} = Temperatura do ar de cada mês (°C)

e_s = Pressão parcial de vapor (kPa)

Utiliza-se a temperatura de cada um dos meses e, com isso, foi possível encontrar a umidade relativa do ar em porcentagem pela $Rh = 100 \times \frac{e_{ar}}{e_{sat}^{ar}}$ Equação 2 (2014):

$$R_h = 100 \times \frac{e_{ar}}{e_{sat}^{ar}} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo,

e_{ar} = pressão de vapor

e_{sat}^{ar} = pressão de vapor a saturação

4.2.2.4 Vegetação

Para criação e análise dos mapas do histórico e do estado atual de ocupação do solo na bacia, foi utilizado como fonte o site do Mapbiomas. O *download* desses dados matriciais é encontrado na plataforma *Google Earth Engine* através da ferramenta *Mapbiomas User Toolkit*. Os dados correspondem a Coleção 5.0, o primeiro levantamento analisado data de 1985, e o segundo, de 2019.

Pelo software QGIS, foi possível recortar a parte relativa à bacia do Rio Santa Bárbara de dentro do vetor correspondente a ocupação do solo de toda Minas Gerais nos anos de 1985 e 2019 para análise posterior.

Após o recorte do raster foi necessário categorizar cada área para a criação do mapa. É preciso saber o valor presente em cada píxel das matrizes e associá-los à categoria de uso do solo que ele representa no mundo real. Essa associação é obtida pelo site do Mapbiomas utilizando uma planilha que contém a cor e a categoria de uso do solo correspondente a cada valor atribuído aos pixels das matrizes.

Os dados correspondentes às unidades de conservação, áreas protegidas e áreas prioritárias para conservação foram extraídos da plataforma IDE SISEMA (2020). Após adicionar os polígonos que delimitam estas áreas de restrição ambiental, foi possível filtrar somente as áreas desses polígonos que estiverem em intercessão com o traçado da bacia, restando assim somente às áreas de restrição ambiental no domínio da bacia do Rio Santa Bárbara.

Para a delimitação das Áreas de Preservação Permanente, foi necessário primeiramente identificar as distâncias que devem ser preservadas ao redor de cada elemento pertencente à bacia. Para isso, foi necessário seguir o que estabelece a Lei de n.º 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012). Para confecção deste trabalho adotaram-se os valores da Tabela 2:

Tabela 2 — Relação APP versus Corpos de água.

Categoria	Condicional	Raio da APP
Curso d'água	até 10 m de largura	30 m
Curso d'água	de 10 m a 50 m de largura	50 m
Curso d'água	de 50 m a 200 m de largura	100 m
Curso d'água	de 200 m a 600 m de largura	200 m
Curso d'água	maior que 600 m de largura	500 m
Nascentes	----	50 m
Represamentos Naturais e Artificiais	menor que 1 hectare	dispensado
Encostas ou partes destas	declividade maior que 45°	toda extensão
Lagoas e Lagos naturais	Área Rural	100 m
Lagoas e Lagos naturais	Área Urbana	30 m

Fonte: Brasil (2012).

Como a delimitação das APPs em cursos d'água depende diretamente da largura dessas drenagens, foi preciso adotar valores para a largura de cada uma dessas drenagens. Para cursos d'água de ordem 1 a 4, adotou-se a largura de 2 m. Em cursos d'água de ordem 5,

foi adotada largura de 3,15 m. Em cursos d'água de ordem 6, foi adotada largura de 13,15 m. Em cursos d'água de ordem 7, adotou-se a largura de 69,07 m. Em cursos d'água de ordem 8, foi adotada largura de 207,7 m.

Com esta largura definida e separada em uma coluna na tabela de atributos das drenagens da bacia do Rio Santa Bárbara, é possível usar a ferramenta “*variable distance buffer*” para a delimitação da área de APPs desses cursos d'água. Para delimitar as áreas protegidas em torno de nascente foi preciso extrair as junções pelo mapa de elevação da bacia a partir da ferramenta “*channel network and drainage basins*” do SAGA no QGIS. Dentro dessas junções foi possível selecionar, via tabela de atributos, somente as que correspondem às nascentes e, por fim, definir o buffer correspondente à área de APPs.

Para definir as APPs nas encostas com declividades superiores a 45.º, foi utilizada a ferramenta “declividade”. Como o nome sugere, ela extrai as declividades do relevo a partir do mapa de altitude extraídos do TOPODATA, os mesmos utilizados para delimitação da bacia hidrográfica em etapa anterior. Com as declividades calculadas, foi possível selecionar somente as declividades acima de 45.º.

4.2.2.5 Disponibilidade Hídrica

Para que seja realizado o estudo das vazões das drenagens da bacia do Rio Santa Bárbara, foi criado um mapa com os valores das vazões médias dessas drenagens. Para isso, foi necessário baixar os *shapefiles* de “Regionalização de Vazão da UFV & IGAM” presentes na plataforma IDE SISEMA (2020). Esses vetores contém a localização de cada drenagem da bacia do Rio Doce e suas respectivas vazões, sendo possível acessar essas informações pela tabela de atributos por meio do software QGIS. Após selecionar somente as drenagens que estavam contidas no polígono da bacia do Rio Santa Bárbara e salvá-las como um *shapefile* independente, foi feita a categorização das cores das drenagens pela vazão média de referência (q_{mld}). As cores foram definidas da seguinte forma:

Tabela 3 — Categorização das cores das drenagens

Vazões médias (m³. s⁻¹)	
	0,0 - 0,3
	0,3 — 0,8
	0,8 — 3,0
	3,0 — 10,0
	10,0 — 30,0

Fonte: AUTORA,2020

A criação do mapa de Rede de Monitoramento Fluviométrico tem como base os dados das estações fluviométricas da ANA/IGAM presentes no IDE SISEMA (2020). Após filtrar as estações que pertencem à bacia do Rio Santa Bárbara pela ferramenta “Interseção”, foram exibidos os rótulos correspondentes a elas, possibilitando visualizar a localização e o nome correspondente a cada estação.

Em consideração aos usos outorgados e insignificantes foram coletadas as informações “Outorgas de direitos de uso de recursos hídricos” e o “Cadastro de uso insignificante de recursos hídricos” pelo IDE SISEMA (2020). Utilizando a camada de delimitação da bacia vetorizada para recorte desses arquivos brutos e a pela coluna da tabela de atributos de modos de usos, foi possível classificar pontualmente as atividades de usos hídricos envolvidos na bacia para criação do novo mapa.

Encontra-se também pelo banco de dados do IDE SISEMA (2020) os arquivos de “Qualidade de água (IGAM)”, “Percentual de atendimento com coleta de esgoto” e “Serviços prestados (ARSAE-MG)”, enquanto que pela plataforma SNIS (2019), foi obtida a planilha de diagnóstico de serviços de águas e esgotos com informações dos prestadores de serviços locais de água e esgoto. Realizou-se o recorte das camadas pela delimitação da bacia vetorizada. Por meio do mecanismo “União”, uniu-se o shapefile recortado para serviços prestados gerado, com a tabela SNIS refinada para os municípios da bacia, atualizando alguns dados que não estão disponíveis para o IDE SISEMA. A partir da tabela de atributos modificada, obtêm-se os mapas com classificações de serviços oferecidos para cada município.

4.3 Levantamento das divergências entre o uso e ocupação do solo e o plano diretor de Santa Bárbara/MG

Para obtenção de dados referentes à legislação municipal, foi acessado o *site* da prefeitura da cidade de Santa Bárbara. Na página tem-se disponível acesso ao Plano Diretor instituído pela Lei complementar n.º 1982 de 2020 e ao mapa de macrozoneamento no anexo (SANTABÁRBARA, 2020).

O conteúdo do Plano Diretor Municipal de Santa Bárbara (PDSB) foi confrontado com o diagnóstico atual do desenvolvimento do território e o contexto ambiental em que se insere o município. Dessa maneira, pode-se identificar as classes de uso e ocupação na área de estudo (Vegetação; Agropecuária; Mineração; Infraestrutura urbana; corpos d'água e Área não vegetada).

De modo a obter dados mais detalhados sobre os usos do solo foi utilizado o mapa de uso do solo do Mapbiomas Coleção 6 (disponível no *site* do Mapbiomas, com resolução de 30 m × 30 m) para o ano de 1985 a 2020.

4.4 Principais restrições ambientais do território de Santa Bárbara/MG

Para a confecção do mapa contendo as restrições ambientais foram utilizadas técnicas de Geoprocessamento dos temas relevantes observados durante a execução do trabalho. Posteriormente, os dados foram manipulados, através da vetorização dos dados levantados, padronização do banco de dados geográficos, uniformização de escalas e manipulação de imagens.

Encontrados pelo banco de dados do IDE SISEMA (2020) os arquivos de “Barragens, rejeitos e resíduos”, “Unidades de Conservação Estadual”, “Unidades de Conservação Federal”, “Áreas prioritárias de conservação de biodiversidade”, “Histórico de empreendimentos licenciados”, “Vulnerabilidade de contaminação ambiental”, “Áreas contaminadas e reabilitadas”. As camadas foram tratadas e assim foi possível classificar pontualmente as atividades envolvidas na cidade para criação do novo mapa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Diagnósticos físico-ambiental da sub-bacia do Rio Santa Bárbara

5.1.1. Caracterização socioeconômica

É necessário evidenciar que o território da sub-bacia está inserido na região geográfica conhecida como Quadrilátero Ferrífero, que dispõe das maiores reservas de minério de todo o Brasil. Além disso, nota-se na região a possibilidade de fácil acesso às diversas regiões do país, visto que é cortada pelas rodovias federais (BR-381 e BR-262) e por diversas estaduais, possibilitando um fácil escoamento de produto e acesso pelo Estado e País (PBCM, 2013).

O povoamento da região da sub-bacia é atribuído à mineração e continua sendo uma das principais atividades econômicas dos municípios. Especialmente após a chegada da ferrovia no século XX que proporcionou uma valorização da região, pois a exploração dos recursos minerais só seria economicamente viável com o transporte ferroviário (DEODORO, 2013).

As cidades ao longo da bacia têm como principal fonte de trabalho a extração de minério de ferro, agropecuária acentuada e lavoura em especial de cana-de-açúcar, milho e mandioca (VIDAL, 2019). Com isso, temos na Tabela 4 a caracterização econômica e populacional de todas as cidades contidas na bacia.

Com uma população total de 298.625 mil na área da bacia, junto de um PIB per capita de R\$562.230,53 e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) médio da região de 0,7064, o que é um bom resultado, pois quanto mais próximo de 1 maior é o indicador para os parâmetros de saúde, educação e renda.

Tabela 4 - Dados socioeconômicos da Sub-Bacia do Rio Santa Barbara.

	Santa Bárbara	Catas Altas	João Monlevade	Itabira	São Gonçalo do Rio Abaixo	Barão de Cocais	Bela Vista de Minas	Bom Jesus do Amparo
Área (km ²)	684,06	204,06	99,158	1.253,70	363,828	340,585	109,143	195,611
Demográfica (hab/km ²)	40,75	20,19	742,35	87,57	26,87	83,51	91,66	28,07
Nº de habitantes	31.604	5.421	80.416	120.904	11.019	32.866	10.262	6.133
IDH	0,707	0,684	0,758	0,756	0,667	0,722	0,674	0,683
PIB per capita	R\$ 24.958,46	R\$ 114.738,85	R\$ 32.537,18	R\$ 43.763,91	R\$ 289.925,44	R\$ 22.747,52	R\$ 20.977,84	R\$ 12.581,33

Fonte: AUTORA, 2020

Observando a Tabela 4 podemos dizer que São Gonçalo do Rio Abaixo é o município com maior PIB per capita, com 80% do PIB, vindo da indústria, na sequência aparecem às participações dos serviços (24,9%), da administração pública (4,3%) e da agropecuária

(0,2%), o PIB da cidade chega a R\$3,4 milhões (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO, 2013).

João Monlevade é um município substancialmente urbano. Segundo Silva (2010), em 2000 a cidade já estava 96,52% urbanizada. Quando comparado a área demográfica das cidades representadas na tabela acima, observa-se que João Monlevade, apesar de ser a segunda mais populosa das cidades, tem o maior resultado mesmo sendo a menor cidade em área, o que pode ser um empecilho para desenvolvimento econômico, de uma cidade sem área livre para futuras construções.

Com a maior área dentre as cidades da tabela, Itabira permanece urbanizando-se. A urbanização da cidade vem aumentando desde 1991, com uma taxa de crescimento entre 2000 e 2010 seguindo à tendência de Minas Gerais e do país em relação à década anterior. No mesmo período, com um aumento de 2,2% a taxa de urbanização de Itabira passou de 91,2% para 93,2% (IABS, 2016).

Nas últimas três décadas, o IDH de Santa Bárbara cresceu à medida que a prefeitura trabalhou para melhorar a educação, a renda e a saúde da população. Assim, o IDH foi de 0,432 em 1991, passou para 0,605 em 2000 e chegou a 0,707 em 2010. Este último índice corresponde a um IDH elevado segundo a UNU (CERN, 2020).

5.1.2 Caracterização físico-biótico

5.1.2.1. Morfometria da Bacia

Tonello et al. (2006) destacam o uso da morfometria em estudos das interações ambientais do ponto de vista quantitativo, por meio de vários parâmetros, sendo que estes podem revelar indicadores físicos específicos para determinado local para qualificarem as alterações ambientais.

A Sub-Bacia possui área total de 1.590,89 km² e um perímetro de 368,97 km, o comprimento axial da bacia é de 71,15 km e uma amplitude altimétrica 1,53 km (Tabela 5).

Tabela 5 - Morfometria da Bacia

<i>Quanto à forma</i>	Área total (A)	1.590.892.890,0 m ²
	Perímetro total (P)	368.971,769 m
	Comprimento axial da bacia (L _a)	71.155,544 m
	Coefficiente de compacidade (K _c)	2,59
	Fator de forma (K _f)	0,144
	Índice de circularidade (IC)	0,147
<i>Características do relevo</i>	Orientação	SW-NE
	Altitude mínima	541,730 m
	Altitude média	918,849 m
	Altitude máxima	2075,024 m
	Declividade mínima	0,009631 %
	Declividade média	23,2297 %
	Declividade máxima	241,900 %
	Amplitude altimétrica da bacia	1533,294 m
Declividade média do curso d'água principal	749,761 m	
<i>Características da rede de drenagem</i>	Ordem dos cursos d'água (hierarquia fluvial)	6
	Comprimento do curso d'água principal (L)	104997 m
	Comprimento total dos cursos d'água (L _t)	1,83 x 10 ⁶ m
	Densidade de drenagem	1,150 x 10 ⁻³ m ⁻¹

Fonte: AUTORA, 2020

Os resultados dos cálculos, constatados na

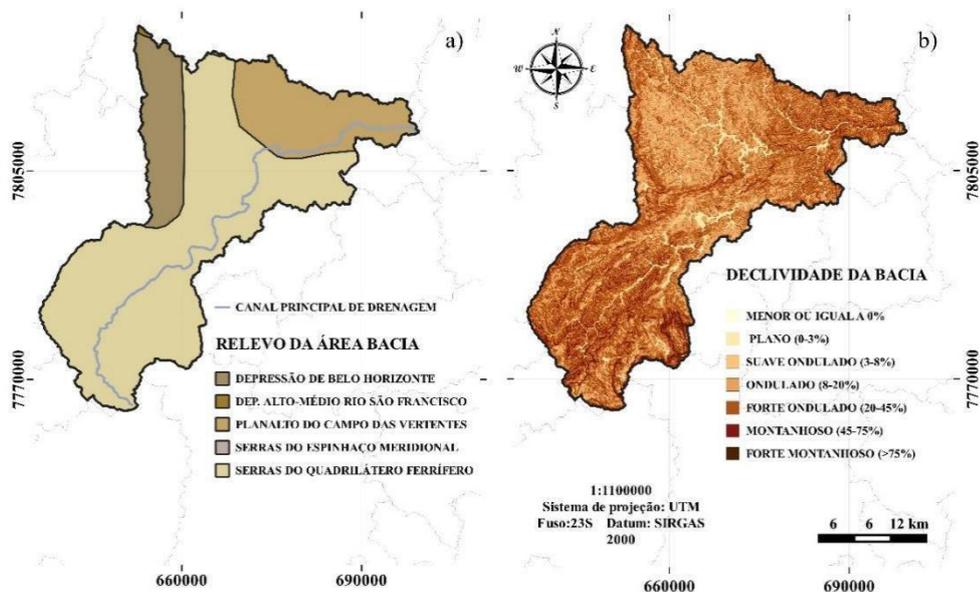
Tabela 5, para a bacia Santa Bárbara em questão de valores de kc, kf e IC identificam a forma da bacia como mais alongada, tornando a área pouco sujeita a picos de enchentes.

Obteve-se uma densidade da rede de drenagem alta, típica de padrão dendrítico, com muitos cursos d'águas de ordens variadas, até sua maior ordem (6.^a ordem).

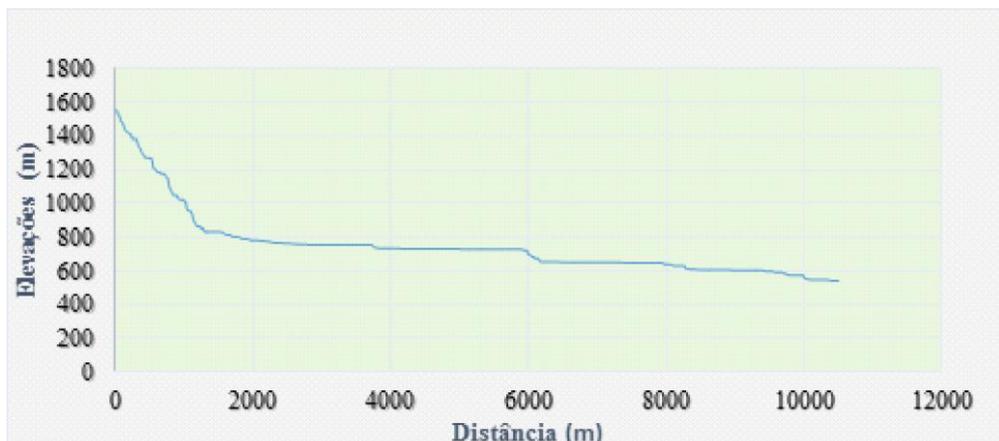
O relevo atua principalmente sobre os fatores hidrológicos, já que quanto maior a declividade do terreno, maior será a velocidade de escoamento. Em sua maior parte, o relevo da bacia se enquadra nas Serras do Quadrilátero Ferrífero (1.154,37 km²), no Planalto do Campo das Vertentes (329,63 km²) e na Depressão de Belo horizonte (213,28 km²), porém, em menor porção, na depressão Alto-médio do rio São Francisco (2,617 km²) e nas Serras do Espinhaço Meridional (0,97 km²), como observado na Figura 3 a.

Já a declividade, na maioria, se classifica como forte ondulado (20–45%), como identificado na Figura 3 b. As áreas com maiores declividades nas bacias são em regiões de cabeceira (nascentes), ou seja, a montante do canal principal. A elevação a montante do canal tende a ser mais alta, como mostra o perfil topográfico na Figura 4, onde a drenagem tende a possuir maior velocidade e energia.

Figura 3 — Relevo e Declividade da Bacia.



Fonte: AUTORA, 2020

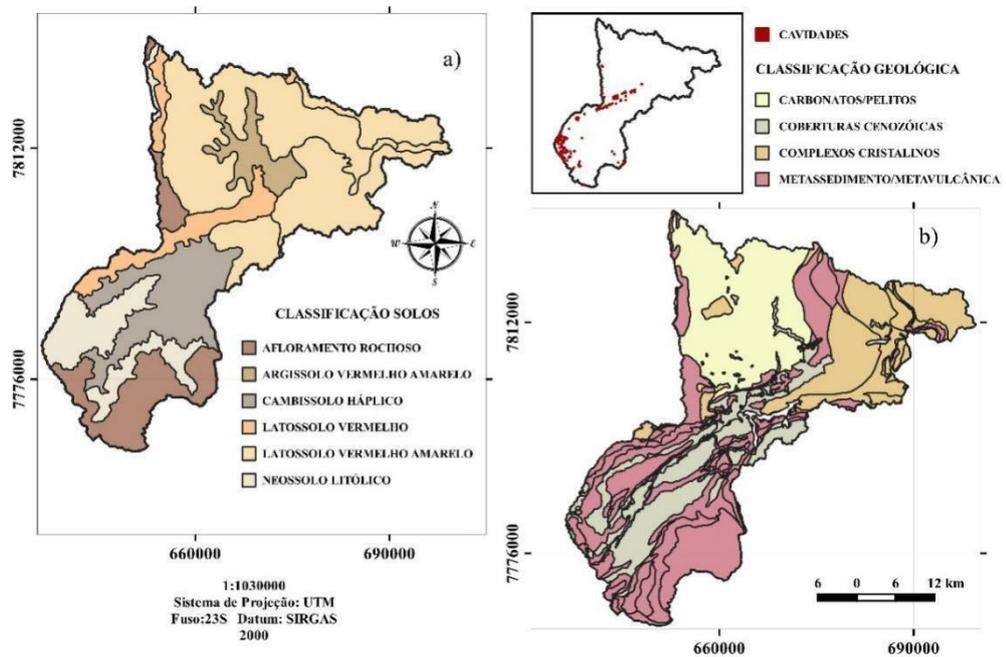
Figura 4 — Perfil Topográfico do canal principal.

Fonte: AUTORA, 2020

5.1.2.2. Solo e Geologia

Pelo mapeamento da EMBRAPA (Figura 5 a), a pedologia a montante do canal principal se enquadra como cambissolo, característicos de declives acentuados (relevos fortes ondulados ou montanhosos), enquanto a jusante tem-se o latossolo, um solo rico em minerais e de boa drenagem. Na porção sudoeste, as presenças de algumas cavidades como cavernas e grutas estão localizadas sobre os metassedimentos (foliações marcadas pela presença por micas, típica de xistos) (Figura 5 b). Na geologia da foz temos principalmente o complexo cristalino, que se encontra em região de baixa altitude e possui certa resistência a intemperismo e erosões.

Figura 5 — Classificação Geológica.



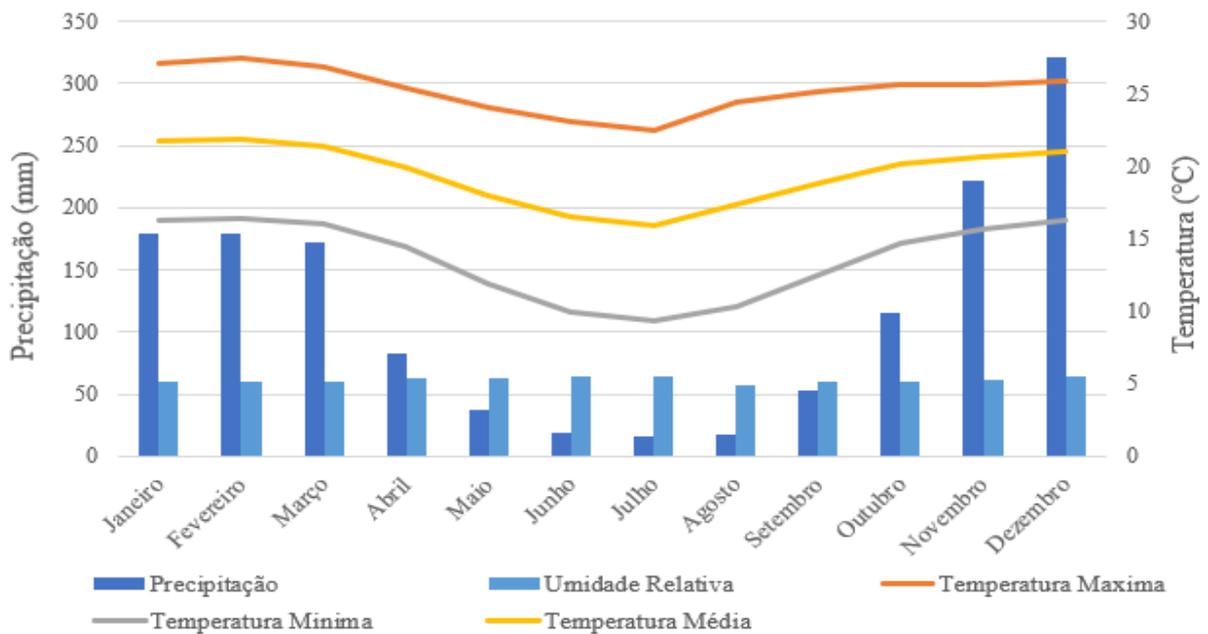
Fonte: AUTORA, 2020

5.1.2.3. Clima

A bacia do Rio Santa Barbara possui inverno seco e verão úmido. A umidade relativa ao longo do ano tem valores próximos com uma média de 61,54% e desvio padrão de 2,23%.

Com os valores da norma climatológica, na Figura 6, é possível observar que a média da temperatura máxima anual é de 25 °C junto a um desvio padrão de 1,54 °C, já a média da temperatura mínima anual ficam 14 °C e um desvio padrão de 2,7 °C. Sendo que os maiores valores de temperatura beiram 27° nos meses de janeiro e fevereiro, e os menores beiram 9° em junho e julho.

Figura 6 - Variáveis Climatológicas.



Fonte: AUTORA, 2020

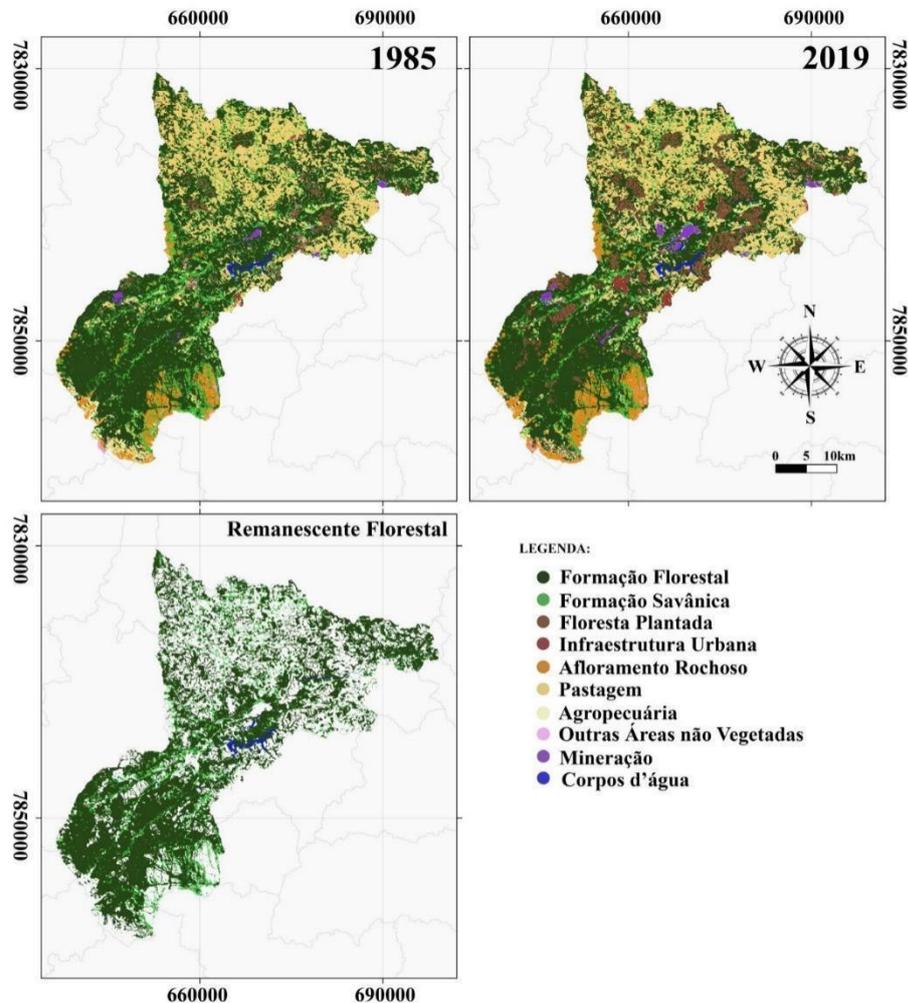
5.1.2.4. Vegetação

A região da bacia do Rio Santa Bárbara possui vegetação predominantemente florestal com bioma predominantemente do Cerrado e da Mata Atlântica, que totalizam cerca de 930 km² entre floresta natural e floresta plantada (ALVES, 2013).

Com o passar dos anos foi possível visualizar algumas mudanças no uso de solo da região. Conforme visualizado na Figura 7, nota-se uma perda de cerca de 9% da área florestal original, que passou de 870,3 km² em 1985 para 794,0 km² em 2019, representando um crescimento de 381% de florestas plantadas (ALVES, 2013).

Outra mudança relevante no decorrer desses 34 anos foi o crescimento da mineração e da infraestrutura humana. A mineração teve um crescimento de 110% em área ocupada, de 7,6 km² para 15,9 km², enquanto as áreas destinadas à infraestrutura humana passaram por um aumento de cerca de 336%, de 3,6 km² para 15,7 km² (ALVES, 2013).

Figura 7 — Uso do Solo.



Fonte: AUTORA, 2020.

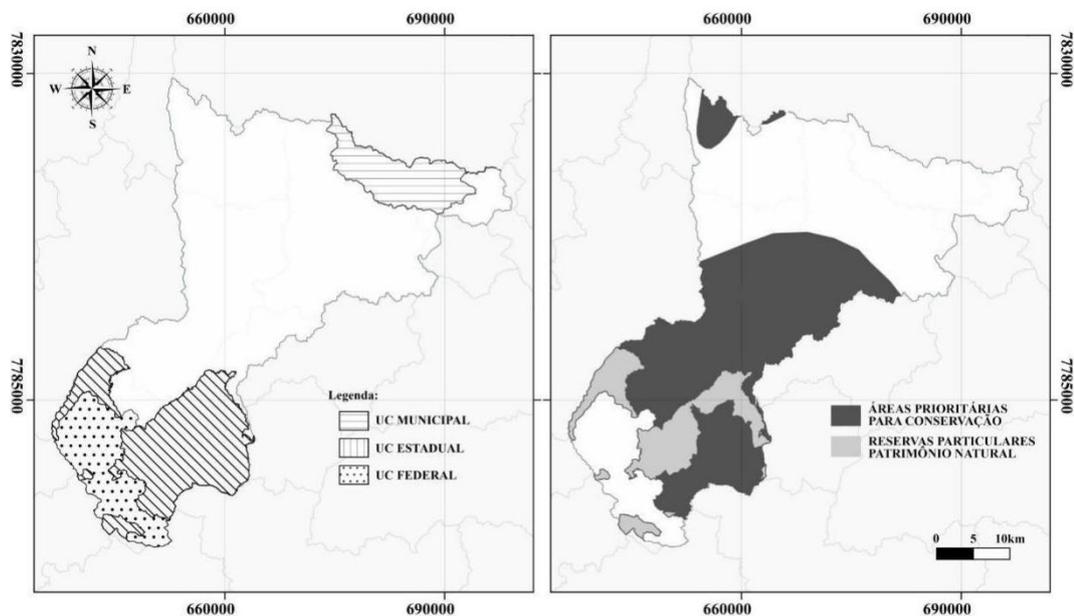
Nota-se uma área expressiva destinada às pastagens em ambos os anos comparados, sendo a pecuária corresponde à principal atividade antrópica responsável pela alteração do uso de solo da bacia. Isso fica claro quando analisamos o mapa de vegetação remanescente na Figura 7. Contudo, de 1985 a 2019, houve a diminuição de 5% na área destinada a essas atividades, de 339,8 km² em 1985, para 323,9 km² em 2019, cedendo espaço na maioria para a infraestrutura urbana (ALVES, 2013).

Ao se comparar o mapa de vegetação remanescente, com os mapas de restrição ambiental na Figura 8, observa-se que as maiores mudanças no uso do solo ocorreram no entorno das Unidades de Conservação e das áreas prioritárias para conservação na parte norte da bacia.

Vale ressaltar que quase toda região da bacia possui grande número de alvos de conservação, visto que as áreas prioritárias para conservação ocupam a maioria da bacia. A unidade de Conservação Federal chamada, Parque Nacional da Serra da Gandarela tem cerca de 130 km² inclusos na bacia, embora ela se prolongue para além desses limites. Existem ainda cerca de 410 km² de Unidade de Conservação Estadual, a APA Estadual sul RMBH, e 116 km² de Unidade de Conservação Municipal, chamada APA Municipal Piracicaba (DEODORO, 2013).

Atualmente, podem ser destacados na Sub-Bacia do Rio Santa Bárbara, uma cobertura vegetal da bacia bastante fragmentada, decorrente do avanço da fronteira agrícola e do crescimento da população nos municípios onde a bacia está inserida, caracterizada basicamente pela mineração, área urbana, pastagem, pecuária leiteira e do reflorestamento da cobertura vegetal pelo eucalipto. Essas atividades antrópicas influenciam no meio ambiente através da fragmentação da cobertura vegetal, como consequência, os fragmentos menores geralmente são pobres na diversidade da fauna e da flora (DEODORO, 2013).

Figura 8 - Restrições Ambientais.



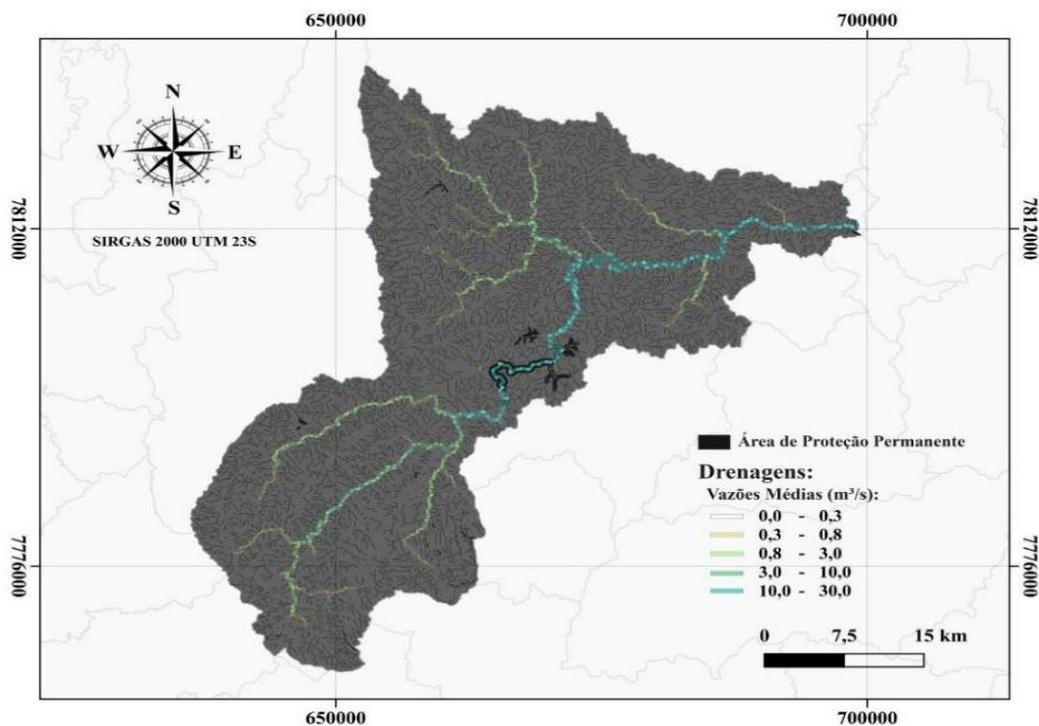
Fonte: AUTORA, 2020

5.1.2.5. Disponibilidade e demanda hídrica

Na Figura 9 podemos constatar os intervalos de vazões que cada curso d'água da bacia possui. Grande parte das drenagens é de ordem 1 e possuem vazões médias de até $0,3 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Como é esperado, as vazões vão aumentando conforme a ordem da drenagem, com os principais córregos e ribeirões possuindo vazões intermediárias de até $3,0 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Os principais rios apresentam os maiores valores de vazão com destaque ao rio Santa Bárbara, que abastece as cidades ao entorno e alimenta uma usina hidroeétrica com vazões médias entorno de $20 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (DEODORO, 2013).

As áreas de Proteção Permanente estão em torno de todos os cursos d'água, nascentes e nas áreas de declividade maior que 45° . As delimitações estão expressas na Figura 8, com o estudo de vazões médias.

Figura 9 - Estudo de Vazões e APP's.

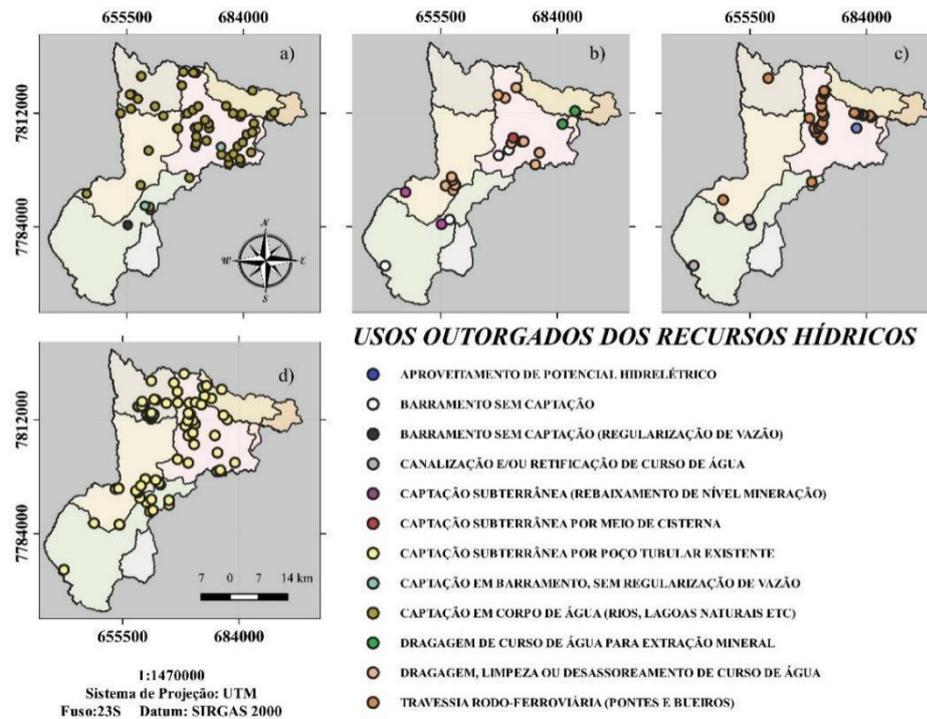


Fonte: AUTORA, 2020

Considerando os diversos usos outorgados dos recursos hídricos na região, contabilizados conforme os dados do IDE SISEMA (2020), 206 pontos são superficialmente em sua maioria. Grande parte dos pontos tem uso por captação por poço tubular já existente

(73 pontos), captação em corpos d'água (53 pontos) e travessia rodoferroviárias (44 pontos), como mostrado pela Figura 10. As imagens 10a, 10b, 10c e 10d são usos outorgados da bacia, distribuídas em imagens diferentes para a mesma região, para facilitar a visão de pontos e evitar sobreposição de usos distintos em uma mesma localidade (ALVES, 2013).

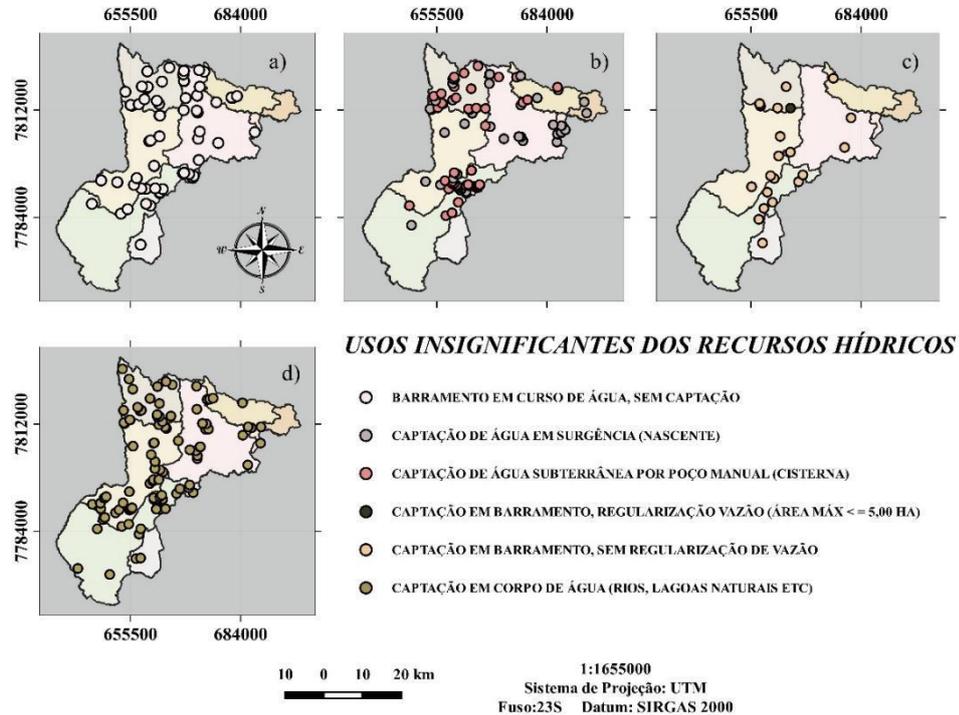
Figura 10 - Usos Outorgados dos Recursos Hídricos.



Fonte: AUTORA, 2020.

Analisando o cadastro de usos insignificantes, totaliza-se mais 311 pontos. Superficialmente também sendo majoritários, os usos mais comuns são a captação em corpos d'água (111 pontos) e barramento em curso d'água, sem captação (74 pontos). Pelo mesmo motivo de uso da Figura 11, as imagens 11a, 11b, 11c e 11d são usos insignificantes da bacia, distribuídas em imagens diferentes para a mesma região, com objetivo de facilitar a visão de pontos e evitar sobreposição de usos distintos em uma mesma localidade.

Figura 11 - Usos Insignificantes dos Recursos Hídricos.



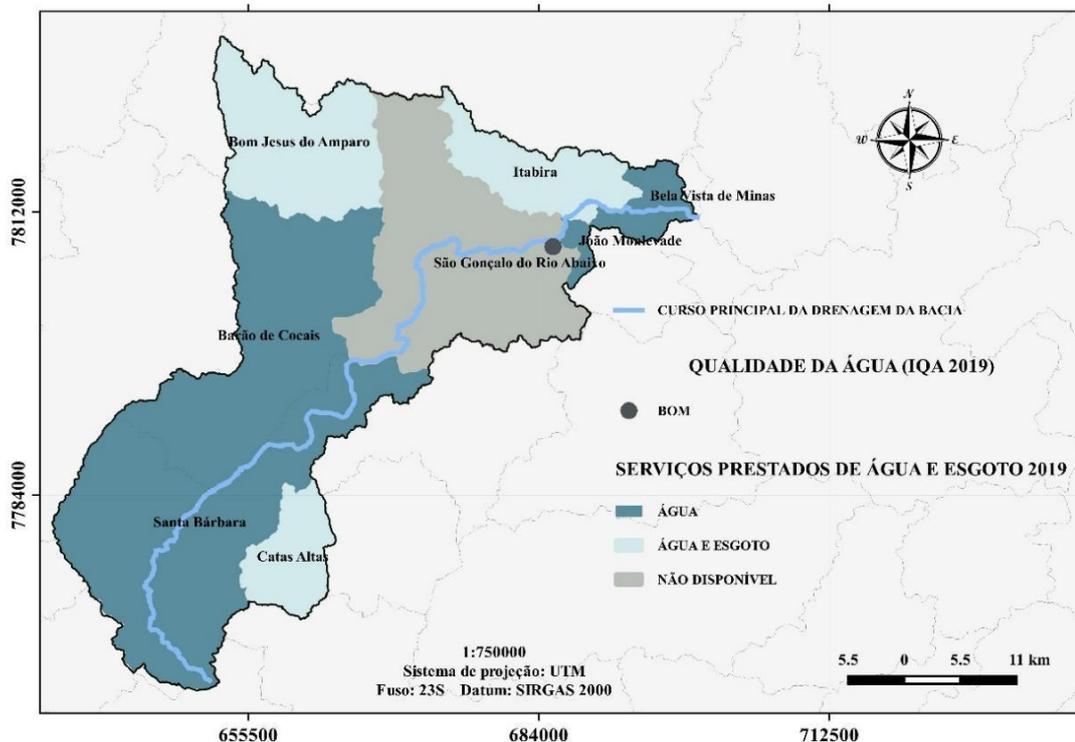
Fonte: AUTORA, 2020.

Comparando ainda os usos outorgados aos usos insignificantes, vê-se a maioria dos usos são usos insignificantes de captação em corpos d'água na área da bacia.

Em relação à qualidade de água existe apenas um ponto para amostragem da qualidade de água no curso do rio Santa Bárbara, em São Gonçalo do Rio Abaixo, na estação RD027, como observado na Figura 12 com classificação boa (encontrada na faixa de 71 – 90) para o IQA (Índice de qualidade de água) em 2019.

Desde os primeiros dados, em 1998, o IQA vem oscilando entre as classificações médias e boas, não obtendo, até então, nenhuma classificação ruim (IDE SISEMA; 2020). Tem-se de 2011 a 2013 classificação média, de 2014 a 2017 boa, em 2018 caiu para média e em 2019 voltou a subir para classificação boa (IGAM, 2008).

Figura 12 — Qualidade da água.



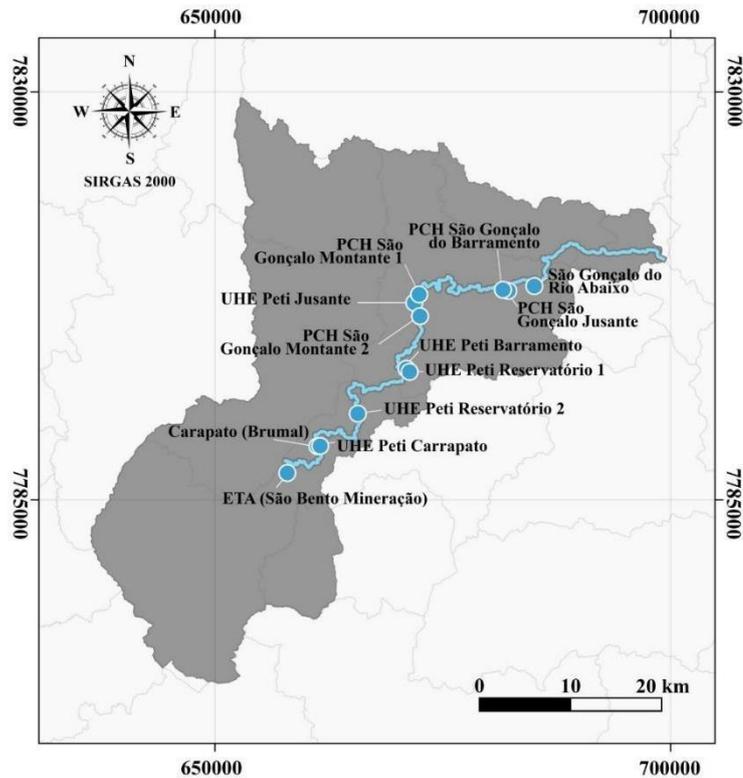
Fonte: AUTORA, 2020

Em relação ao saneamento, ainda pela Figura 13, é possível perceber que as regiões de Barão de Cocais, Bela Vista de Minas, João Monlevade e Santa Bárbara possuem serviço de apenas abastecimento de água. Em minoria, as regiões de Bom Jesus do Amparo e Itabira possuem abastecimento de água e esgoto tratado (IBGE CIDADES, 2017).

Barão de Cocais, Santa Bárbara e Boa Vista de Minas usam do serviço da COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais); João Monlevade, do DAE (Departamento Municipal de Águas e Esgotos). Para abastecimento de água e tratamento de esgoto, Itabira possui o SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), Bom Jesus do Amparo possui a COPASA (abastecimento de água) e a Prefeitura Municipal de Bom Jesus do Amparo (tratamento de esgoto). Já Catas Altas, tem abastecimento de água e tratamento de esgoto pela Prefeitura Municipal de Catas Altas (SNIS, 2019).

As redes fluviométricas disponíveis na região da bacia se encontram no decorrer do rio Santa Bárbara até o começo do rio Conceição. Elas somam 12 estações no total e levantam informações como área de drenagem, descarga, qualidade da água, etc. Suas localizações aproximadas estão descritas na Figura 13, com os nomes correspondentes (SISEMA, 2020).

Figura 13 - Estações Pluviométricas



Fonte: AUTORA, 2020.

As estações PCH São Gonçalo Jusante, PCH São Gonçalo Montante 1, PCH São Gonçalo Montante 2, PCH São Gonçalo Barramento e PCH São Gonçalo do Rio Abaixo são operadas pela SPE São Gonçalo Energia S.A.; empresa que gerencia algumas pequenas centrais hidroelétricas na região.

Existem outras estações pluviométricas próximas às usinas hidroelétricas gerenciadas pela CEMIG, sendo a UHE Peti Barramento, UHE Peti Carrapato, UHE Peti Jusante, UHE Peti Reservatório 1, UHE Peti Reservatório 2. Existem também as estações na Estação de tratamento de água São Bento Mineração e a estação Carrapato, ambas gerenciadas pela Agência Nacional de águas (ANA). O IGAM-MG opera a estação de São Gonçalo do Rio Abaixo.

5.2. Divergências entre o uso e ocupação do solo e o Plano Diretor

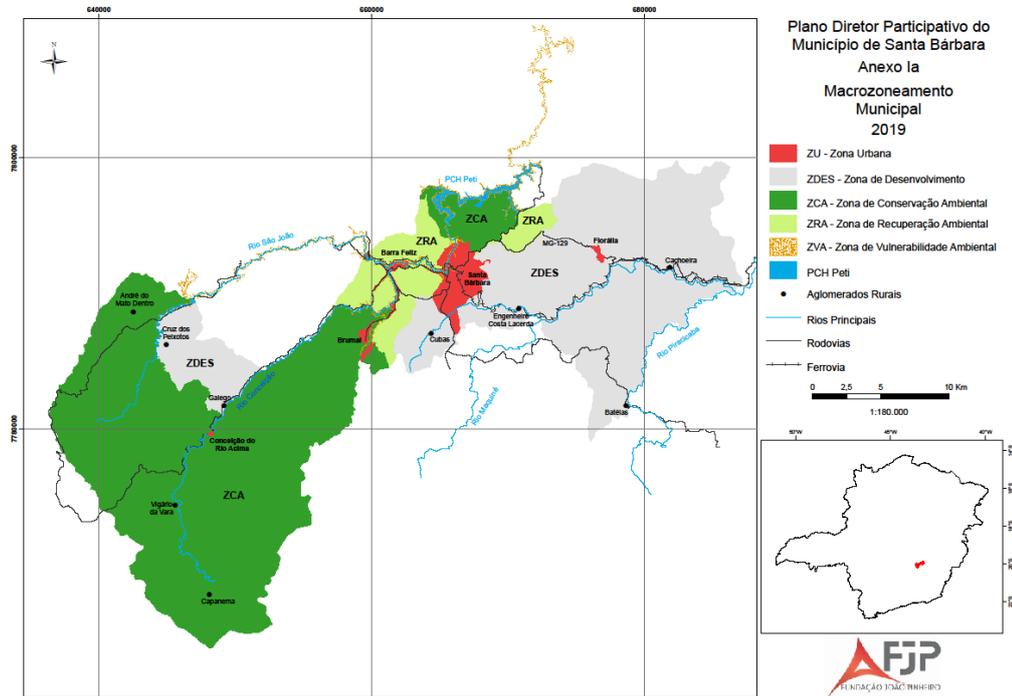
O Capítulo II do Plano Diretor - Lei Complementar De N.º 1982/2020 estabeleceu 5 macrozonas, contidas no Perímetro Urbano, como demonstrado na Figura 14 e estas macrozonas são definidas como: i) Zona de Conservação Ambiental (ZCA); ii) Zona de Recuperação Ambiental da Bacia do Peti (ZRA); iii) Zona de Vulnerabilidade Ambiental (ZVA); iv) Zona Urbana (ZU); v) Zona de Desenvolvimento Econômico Sustentável (ZDES). Definiu-se diretrizes específicas de ocupação para cada uma, visando promover, orientar e disciplinar o uso adequado do espaço segundo as condicionantes ambientais e de infraestrutura e estimular a ocupação de vazios urbanos (SANTA BÁRBARA, 2020).

A ZCA corresponde às Unidades de Conservação existentes da APA sul, RPPN do Caraça, sendo esta sobreposta à área da APA sul, Parque Nacional da Serra do Gandarela e APE do Reservatório de Peti, incluindo-se nesta categoria todas as Áreas de Preservação Ambiental (APP) definidas legalmente, como as faixas marginais a cursos d'água, dentre outras, onde é vedado o parcelamento do solo para fins urbanos.

A ZRA corresponde à bacia hidrográfica do rio Santa Bárbara, a montante da barragem de Peti, a partir dos limites da APA sul. A ZVA corresponde às áreas atingidas pela possibilidade de rompimento de barragens de rejeito mineral no município.

Compreende a Zona Urbana (ZU) as áreas incluídas nos perímetros urbanos do município, já ocupadas pelos usos urbanos e/ou comprometidas com esses usos em função dos processos de ocupação dos solos instalados. A ZDES corresponde à porção restante do território, cujas características geográficas indicam sua vocação para a potencialização de atividades econômicas sustentáveis.

Figura 14 - Macrozoneamento Municipal e Articulação Municipal.



Fonte: SANTA BÁRBARA, 2020

Conforme definido no Art. 70 — A preservação e valorização do patrimônio natural têm por diretrizes a criação e conservação de áreas protegidas no município, dotando-as de condições adequadas às suas finalidades, dentre as diretrizes definidas no Plano Diretor Municipal (SANTA BÁRBARA, 2020) destacam-se:

- III. divulgar as áreas ambientalmente protegidas e as unidades de conservação existentes no município, em especial a Área de Proteção Ambiental (APA) sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Caraça e o Parque Nacional (PARNA) da Serra do Gandarela, além da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço (RBSE), criada pela UNESCO para a proteção de mananciais hídricos e dos singulares campos rupestres.
- V. implementar e incentivar a formação de corredores ecológicos no município buscando a integração entre as matas ciliares, as áreas de reserva legal e as áreas ambientalmente protegidas;
- VI. promover a recuperação e reconstituição da vegetação de topo e de mata ciliar, buscando a reintrodução de espécies vegetais nativas da região como a candeia, as quinas, o barbatimão ou o assa-peixe, além de plantas melíferas para implementar a atividade apícola;
- VII. identificar as áreas de nascentes e mananciais de abastecimento das comunidades rurais com vistas a sua transformação em Áreas de Proteção Ambiental (APA) para restringir o uso e ocupação nessas bacias;
- VIII. implementar, na bacia do ribeirão Caraça, medidas de fiscalização e ordenamento das ocupações e de agropecuária e coibir despejos de efluentes de

mineração, com vistas à preservação desse manancial, estratégico para o abastecimento público da sede de Santa Bárbara;

IX. transformar em Área de Proteção Ambiental Municipal (APAM) a área das bacias dos mananciais dos povoados de André do Mato Dentro e Cruz dos Peixoto, declaradas de proteção, implementando medidas como reflorestamento, recuperação de mata ciliar e combate à erosão e assoreamento, respeitando a Lei 1.245/2002;

X. incentivar a criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) no município;

XI. incentivar a efetiva criação da Serra Geral, de propriedade da Vale localizada no distrito de Conceição do Rio Acima em área da APA-Sul;

XIII. efetivar a implantação do Parque Municipal Recanto Verde, com área total de 40 hectares, como unidade de conservação dada sua relevância ambiental, a existência de Centro de Educação Ambiental e ainda potencialidade para abrigar um viveiro municipal;

XIV. transformar a área pública de 20,27 hectares, declarada de preservação permanente e denominada Mata de São Bernardo, em unidade de conservação;

XVII. implantar parque no fundo, de vale do córrego das Teixeira, para integrar as áreas protegidas do Parque Recanto Verde, da Mata de Santa Luzia e da Mata da Torre;

A criação ou efetivação das unidades de conservação deve observar a Lei Federal 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), e ser acompanhada da elaboração e implementação dos respectivos Planos de Manejo para fins de cadastro dessas unidades no Instituto Estadual de Florestas (IEF), habilitando o município ao recebimento do ICMS Ecológico, estabelecido na Lei 13.803/2000.

No Art. 72, estão descritas as ações para a recuperação ambiental da bacia do Reservatório de Peti, inserida na Zona de Recuperação Ambiental (ZRA) e na Zona de Conservação Ambiental (ZCA), nesta zona correspondente à APE de Peti, além daquelas já definidas no Plano Diretor (SANTA BÁRBARA, 2020), deve-se ressaltar:

I. promover, na área da bacia, a recuperação da mata de topo e da mata ciliar dos cursos d'água;

II. promover, junto à CEMIG, a adoção de medidas de recuperação na faixa de 100 m (cem metros) de largura lindeira ao reservatório, tendo em vista a relevância dessa área de preservação permanente para a biodiversidade local; (...)

IV. ampliar a cobertura por redes coletoras e interceptoras de esgotos na sede urbana; V. elaborar estudo de concepção para o tratamento de esgotos da sede tendo em vista as vertentes do rio Santa Bárbara, do ribeirão Vermelho e do córrego Basílio, e implantar as estações de tratamento (ETE) previstas; (...)

No Art. 28 é dito que a ocupação e o uso já existentes, à época da aprovação do Plano Diretor, de construções situadas em áreas impróprias ou que não se enquadram nas definições estabelecidas, serão consideradas “uso não conforme”, sendo vedada sua expansão, permitidas apenas as obras necessárias à sua manutenção, até que se adotem as medidas necessárias para corrigir o problema, conforme a legislação vigente.

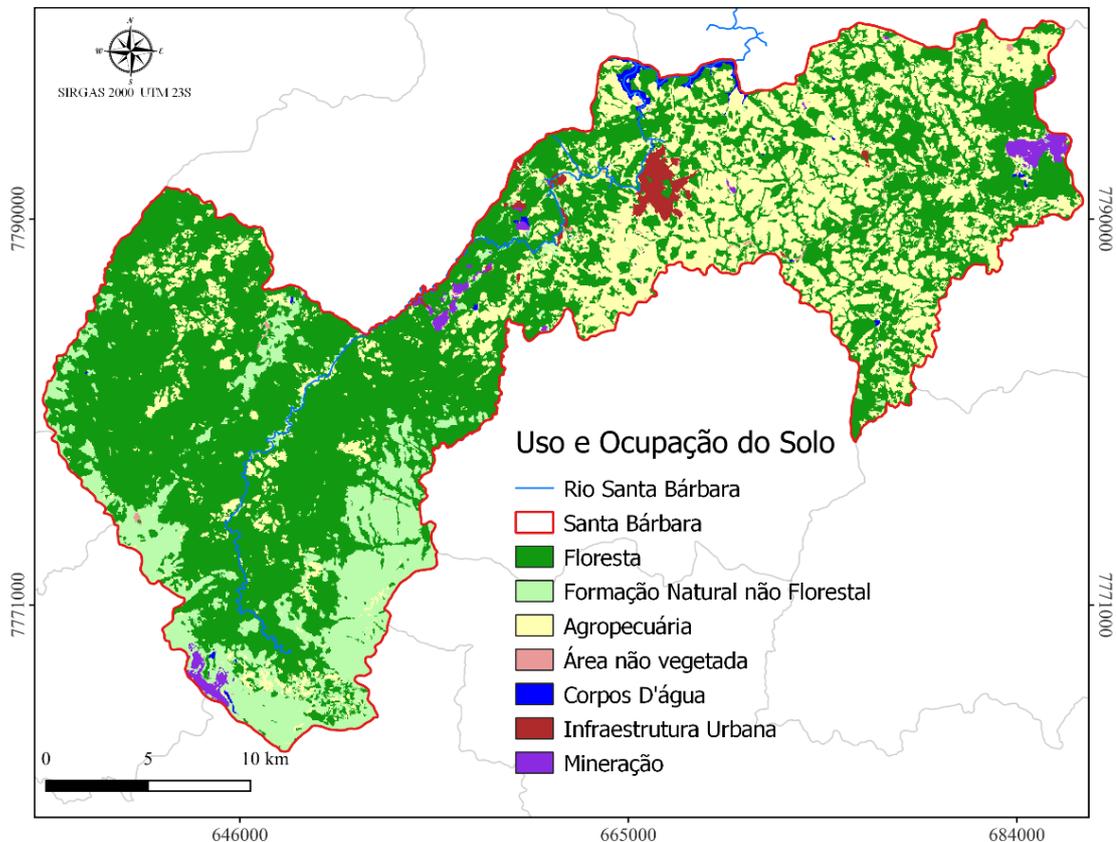
Nota-se pelo mapa da Figura 15 que o PDSB não tem muitas discrepâncias do Uso e Ocupação do Solo, em sua maioria existem áreas com Formação Natural Florestal em

concordância com a Zona de Conservação Ambiental do Macrozoneamento Municipal. Como dito no Art. 28 as áreas que contém mineração localizadas nas Zonas de Conservação Ambiental e Zona de Desenvolvimento Sustentável será “uso não conforme”, pois esta já existia precedente à criação do PDSB.

A mineração, assim como qualquer outra atividade antrópica, desencadeia impactos negativos no meio ambiente e, dado que o setor minerário corresponde a um dos pilares da economia do país, torna-se indispensável que esta atividade seja desenvolvida com responsabilidade socioambiental. Para tal, a mineração deve ser executada conforme as normas e legislação vigentes, objetivando a exploração dos recursos naturais de forma sustentável de modo a minimizar a geração de impactos que possam prejudicar o meio ambiente e a sociedade (SILVA, CORDEIRO, *et al.*, 2017).

Outro ponto que se pode observar é a presença da agropecuária presente em sua grande parte na Zona de Desenvolvimento Sustentável, definida como uma zona para a potencialização de atividades econômicas, onde ocorre a produção agrícola tradicional como o cultivo de milho, café, capim, mandioca e produção de leite.

Figura 15 - Uso e Ocupação do Solo.



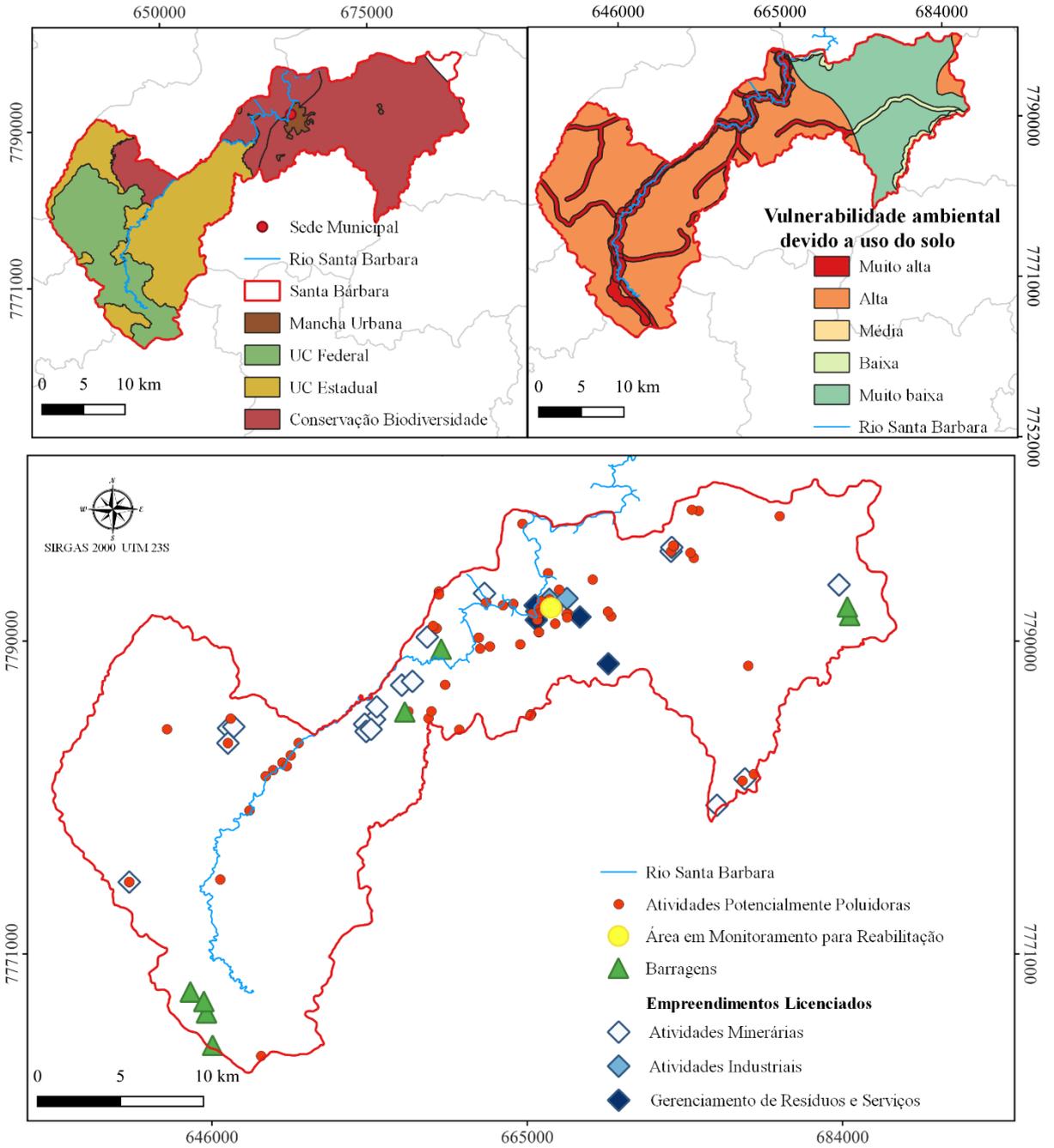
Fonte: AUTORA, 2022.

5.3. Restrições ambientais do território de Santa Bárbara/MG

Para definição das restrições ambientais, foram considerados os preceitos do Plano Diretor (SANTA BÁRBARA, 2020) e da Lei Federal n.º12.651/2012 (BRASIL, 2012).

Correlacionando a Figura 16 com a Figura 14, é possível observar que a Zona de Conservação ambiental reflete às Unidades de Conservação Federal e Estadual e por toda extensão do município encontra-se a Unidade de Conservação da Biodiversidade, localizada, principalmente, em área de predominância do agronegócio, como visto na Figura 15.

Figura 16 - Restrições Ambientais de Santa Bárbara.



Fonte: AUTORA, 2022

Pode-se observar que grande parte dos empreendimentos estão situados ao longo do rio Santa Bárbara, e muitos desses são considerados como atividades potencialmente poluidoras e, com isso, pertencem ao grau “Muito Alto” do mapa de Vulnerabilidade Ambiental devido ao uso do solo, causando assoreamento dos leitos do rio e contaminação da água.

Áreas com restrições ambientais são aquelas que não podem ou devem ser ocupadas por força da legislação. Neste caso, Andrade et al. (2019) ressaltam que quando ocorrem processos de desmatamento em uma área, o solo fica sujeito ao desenvolvimento de processos erosivos, que no que lhe concerne se intensificam durante a estação chuvosa, e os sedimentos são carregados para os rios.

Em geral, os fragmentos florestais não são amplamente afetados pela atividade humana, e parece que as UCs de Santa Bárbara são projetadas principalmente para proteger a biodiversidade existente em seu território.

No que diz respeito à presença da indústria de mineração na região, destaca-se a geração de oportunidades de emprego direto ou indireto e o desenvolvimento de novas tecnologias. Silva et al. (2017), em pesquisa sobre a percepção social relacionada à mineração similar realizada em Santa Bárbara (MG), observou que, embora os participantes tenham expressado maior preocupação com os efeitos negativos característicos às práticas de mineração, eles mencionaram termos implicando em melhores condições socioeconômicas.

Por outro lado, as fazendas locais se destacam nas atividades agrícolas que cultivam milho, café, mandioca e cana-de-açúcar, e criam oportunidades de emprego direto e indireto devido ao seu alto impacto no ambiente natural. No entanto, existem áreas de solo exposto, aumento de áreas de campos ou pastagens que podem eventualmente interferir nos córregos, levando à erosão e destruição dos pontos de inflexão.

As evidências fornecidas por este trabalho reforçam a necessidade de proteger a vegetação natural para melhorar a qualidade da água. Além da necessidade de proteção das áreas adjacentes aos cursos d'água, é importante ressaltar que a área mais ampla também é responsável pela degradação dos sistemas hídricos, principalmente devido à poluição difusa. Além disso, a proteção da área de nascente é extremamente importante para garantir a qualidade e quantidade da água (SANTOS, 2020).

6. CONCLUSÃO

Este trabalho propôs a aplicação de técnicas de geoprocessamento na manipulação de dados e o uso de análises multicritérios para avaliar o diagnóstico da Bacia do Rio Santa Bárbara, assim como o uso e ocupação da cidade de Santa Bárbara e seus efeitos.

Baseado nos mapas gerados e o PDSB pode-se dizer que os resultados obtidos foram consistentes, afirmando a eficácia das técnicas e ferramentas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto na compreensão das características e elementos que compõem o espaço geográfico (natural ou antropizado).

Com base na análise do zoneamento atual de Santa Bárbara, verificaram-se certas fragilidades no uso e na ocupação do solo. Assim, foi possível perceber que não se consideram, de maneira adequada, as questões ambientais na determinação do zoneamento. Isso acontece porque, muitas vezes, o aspecto econômico do lucro decorrente da ocupação de terras se sobrepõe à necessidade de reserva de áreas para garantir o equilíbrio ecológico.

Com o atual impacto antropogênico sobre os solos da sub-bacia, fica claro que a ocupação urbana contribui diretamente para as mudanças que a área sofre, pois, além de impermeabilizar o solo, também afeta diretamente a interação entre os fragmentos florestais, impedindo a infiltração de água correta, manutenção de bancos de sementes, e outros.

Conclui-se que o município de Santa Bárbara apresenta uma grande potencialidade de crescimento, e para que esse crescimento seja ordenado, com um desenvolvimento sustentável, é necessário mantenham a revisão do seu Plano Diretor, por pessoas especializadas e com um estudo minucioso sobre o município, sua legislação e seu potencial socioeconômico.

Este é um estudo preliminar, necessárias investigações em escalas mais detalhadas e presenciais para confirmar a situação local, o uso mais adequado do solo e melhores formas de mitigar as áreas antropizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D. S. Recuperação ambiental da Mata Atlântica. In: _____ **Legislação básica aplicada à recuperação ambiental**. 3^a. ed. Ilhéus: Editus, 2016. Cap. 4, p. 32-39.

ALVES, D. L. A. **ANÁLISE ESPACIAL DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS NA BACIA DO RIO SANTA BÁRBARA/ MG COM APLICAÇÕES EM CORREDORES ECOLÓGICOS**. UFMG. Belo Horizonte, p. 51. 2013.

ANA. Sub-bacias Hidrográficas DNAEE. **Catálogo de Metadados da ANA - Agência Nacional das Águas**, 1972. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/8b4d4fbd-8622-4116-8991-0a0530c02690>>. Acesso em: 2022.

ANA. Agência Nacional de Águas. Planejamento dos recursos hídricos. Disponível em:<. Acesso em: janeiro 2022.

ANDRADE, H. C. et al. Diagnóstico de degradação do Rio Santa Bárbara no trecho urbano do município de São Gonçalo do Rio Abaixo (MG). **Research, Society and Development**, v. 8, janeiro 2019. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/682>>. Acesso em: janeiro 2022.

ARANA, A. R. A.; FROIS, M. R. Planejamento urbano ambiental: diretrizes para o zoneamento na bacia do córrego do Limoeiro em Presidente Prudente-SP. **Geosp – Espaço e Tempo**, Presidente Prudente, v. 20, p. 619-635, 2016. ISSN 2179-089.

BACELLAR, L. D. A. P. **O papel das Florestas no regime hidrológico de bacias hidrográficas**, 2005. Disponível em: <<http://jararaca.ufsm.br/websites/deaer/download/VIVIEN/Texto06/exartigorevisao.pdf>>.

BRANDANI, G. B. **MODELAGEM ESPACIAL PARA ANÁLISE DA RESTRIÇÃO AMBIENTAL PARA A EXPANSÃO URBANA EM ITABIRA/MG**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 110. 2018.

BRASIL. Lei n. 7.511, de 7 de julho de 1986. Altera dispositivos da Lei n. 4.771, de 15 de setem-bro de 1965, que institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1986. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17511.htm>. Acesso em: janeiro 2022.

BRASIL. Lei 9.985, de 18 de julho de 2000. Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. **Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza - SNUC**, 2002.

BRASIL. Plano Diretor Participativo - guia para a elaboração pelos municípios e cidadãos.. **Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia**, 2004. Disponível em: <www.viaciclo.org.br/portal/documentos/doc_details/148-guia-elaboracao-plano-diretor-participativo-min-cidadesconfea>. Acesso em: Novembro 2019.

BRASIL. LEI Nº 12.651 DE 25 DE MAIO DE 2012, p. 40, 2012.

BRITO, R. O.; MARQUES, C. F. **PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS: UMA ANÁLISE DO ICMS ECOLÓGICO NOS ESTADOS BRASILEIROS**. Planejamento e Políticas Públicas. [S.l.], p. 28. 2017.

CANEPA, C. **Cidades sustentáveis: o município como lócus da sustentabilidade**. São Paulo: RCS Editora, 2007.

CARAM, R. D. O. Mudanças no uso e cobertura do solo e resposta hidrológica da bacia. **Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luz de Queiroz, USP**, São Paulo, 2010. 141.

CERN. **Lavra a céu aberto sem tratamento mineral - MINA PÉ DE SERRA**. Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Santa Bárbara, p. 74. 2020.

COELHO, M. C. N. Impactos Ambientais em Áreas Urbanas – Teorias, Conceitos e Métodos de Pesquisa. In Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. **Bertrand Brasil**, Rio de Janeiro, 2001.

CONAMA. Resolução nº 1 de 23 de Janeiro de 1986. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**, 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: janeiro 2022.

DEODORO, S. C. Análise da bacia do rio Santa Bárbara (MG) baseada em análises morfométrica e multicriterial. **Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 2013.

FABER, M. Importância dos Rios para as primeiras civilizações. **Historia ilustrada**, agosto 2011. ISSN 1ª edição. Disponível em: <http://www.historialivre.com/antiga/importancia_dos_rios.pdf>. Acesso em: abril 2020.

FERREIRA, D. F.; COSTA, H. G. **ESTUDO DO ZONEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO ESTABELECIDO NO PLANO DIRETOR VIGENTE EM SANGÃO/SC**. Universidade do Sul de Santa Catarina. Tubarão. 2017.

GARCIAS, C. M.; AFONSO, J. A. C. Revitalização de rios urbanos. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, 1, 2013. 131-144.

GUERRA, A. J. T. Encostas Urbanas. **Geomorfologia Urbana**, Rio de Janeiro, 2011.

IABS. **REVISÃO DO PLANO DE MANEJO DO PARQUE NATURAL MUNICIPAL DO INTELECTO – ITABIRA/ MG**. INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO E SUSTENTABILIDADE. Itabira, p. 342. 2016.

IBGE, 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/pibmunic/>>. Acesso em: Setembro 2020.

IBGE CIDADES, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/panorama>>. Acesso em: setembro 2020.

IDE SISEMA, 2020. Disponível em: <<http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>>. Acesso em: setembro 2020.

IGAM. Instituto Mineiro de Festão das Águas, 2008. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/gestao-das-aguas/enquadramento>>. Acesso em: janeiro 2022.

LIMA, M. C. et al. Análise da ocupação desordenada no alto da Macaíba em Jaboatão dos Guararapes/PE. **Research, Society and Development**, Pernambuco, v. 10, p. 18, dezembro 2021. ISSN 2525-3409.

MARGARIDO, G. N. **AVALIAÇÃO DE MEDIÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DO AR PELO MÉTODO DO PONTO DE ORVALHO USANDO MATERIAIS ACESSÍVEIS E SISTEMA DE CONTROLE CONVENCIONAL**. São Paulo. 2014.

MEDEIROS, R. Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v. IX, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v9n1/a03v9n1>>.

MENEGHINI, R.; ZANETTI, V.; GUIMARÃES, A. C. Memórias de uma tragédia urbana em Campos do Jordão/SP: amostra de relações permeadas pela condição devulnerabilidade social. **Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 13, n. 31, p. 19-35, abril 2019. ISSN 2525-5215.

MINAS GERAIS. Lei 20.922, de 16 de outubro de 2013. **Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no estado.**, 2013. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/consult/legislacao/completa/completa.html?tipo=Lei&num=20922&comp=&ano=2013>>.

MMA. Unidades de Conservação. **MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE**, 2019. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/o-que-sao>>. Acesso em: setembro 2021.

MOURA, S. R. F. . G. A. M. & D. M. A. Mapeamento e Análise da Vulnerabilidade Natural e Ambiental do Município de Mossoró. **Seminário Nacional de Governança Urbana e Desenvolvimento Metropolitano**, Natal, 2010.

OLIVEIRA, F. F. G. & M. J. T. Análise ambiental de remanescentes do bioma Mata Atlântica no litoral sul do Rio Grande do Norte - NE do Brasil. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, 2014. 165-183.

PBCM. Plano de manejo da RPPN “Santuário do Caraça”. **PROVÍNCIA BRASILEIRA DA CONGREGAÇÃO DA MISSÃO**, Catas Altas, 2013.

PEREIRA, P. F.; SCARDUA, F. P. **Espaços territoriais especialmente protegidos: conceito e implicações jurídicas**. Ambiente e sociedade. Campinas. 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO. História. **São Gonçalo do Rio Abaixo**, 2013. Disponível em: <<http://www.saogoncalo.mg.gov.br/detalhe-da-materia/info/historia/6526>>. Acesso em: outubro 2021.

SANTA BÁRBARA. **Plano diretor do Município de Santa Bárbara**. LEI COMPLEMENTAR DE N.º 1982/2020 - Prefeitura Municipal de Santa Bárbara. [S.l.], p. 152. 2020.

SANTOS, E. D. O.; FALCÃO, N. A. D. M.; LIMA, J. V. A. D. DESLIZAMENTO DE ENCOSTAS URBANAS: CONSEQUÊNCIAS E IMPLICAÇÕES SOCIAIS, AMBIENTAIS

E POLÍTICAS. **DIVERSITAS JOURNAL.**, Santana do Ipanema, v. 5, p. 1859-1886, julho 2020.

SANTOS, J. P. **INFLUÊNCIAS DA COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DA PAISAGEM SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA EM MÚLTIPLAS EXTENSÕES ESPACIAIS NA UNIDADE HIDROLÓGICA DO RIO DOCE EM MINAS GERAIS.** UFMG. Belo Horizonte, p. 168. 2020.

SILVA, R. A. et al. Percepção da população do município de Santa Bárbara (MG) acerca da atividade minerária e da contaminação do solo e da água por arsênio. **Research, Society and Development**, Itajubá, 2017. 17. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=560659002003>>.

SILVA, R. B. Segregação e/ou integração: o 'Programa de Desfavelamento e Loteamentos Urbanizados' em Presidente Prudente. **Dissertação de mestrado - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista**, Presidente Prudente, 2005.

SILVA, T. S. A. **EFEITOS SOCIOESPACIAIS E ECONÔMICOS DA SIDERURGIA EM JOÃO MONLEVADE.** UFV. Viçosa, p. 83. 2010.

SILVEIRA, D. C. . C. R. F. . & L. Z. M. P. D. O planejamento de quatro áreas do Programa Vila Viva na cidade de Belo Horizonte, Brasil: uma análise documental. **Ciência & Saúde Coletiva**, Belo Horizonte, 2012. 1165-1174.

SISEMA. Infraestrutura de dados espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **IDE-Sisema**, 2020. Disponível em: <<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>>.

SNIS. Série Histórica, 2019. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>>. Acesso em: setembro 2020.

SOUZA, M. L. Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos. **Bertrand Brasil**, Rio de Janeiro, 2002.

TAMBOSI, L. R. Estratégias espaciais baseadas em ecologia de paisagens para a otimização dos esforços de restauração. **Tese de doutorado - Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-29052014-112453/en.php>>.

TETENS, O. **Über cinige meterologische Begriffe.** Z. Geophys. [S.l.], p. 297-309. 1930.

TONELLO, K. C. et al. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões-MG., Viçosa, v. 30, n. 5, 2006.

TUNDISI, J. G. . T. T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, 10, n. 4, 2010. 67-75.

VERÍSSIMO, A. Áreas Protegidas na Amazônia brasileira: avanços e desafios. **Instituto Socioambiental**, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.abong.org.br/bitstream/handle/11465/1212/10372.pdf?sequence=1>>.

VIDAL, J. M. C. **ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL – APAs PIRACICABA E PUREZA EM ITABIRA-MG.** Instituto Federal de Minas Gerais. Bambuí, p. 89. 2019.