



Universidade de Brasília
Faculdade UnB Planaltina

**PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO
DOS RECURSOS HÍDRICOS**

ÁLVARO DE MOURA GOULART

**UTILIZAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE ZONEAMENTO AMBIENTAL PRODUTIVO
(ZAP) E POTENCIAL DE USO CONSERVACIONISTA (PUC), PARA
IMPLEMENTAÇÃO DE PRÁTICAS MECÂNICAS DE CONSERVAÇÃO DE SOLO E
ÁGUA, NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SANTA IZABEL, PARACATU
- MG**

BRASÍLIA

2023

ÁLVARO DE MOURA GOULART

UTILIZAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE ZONEAMENTO AMBIENTAL PRODUTIVO (ZAP) E POTENCIAL DE USO CONSERVACIONISTA (PUC), PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PRÁTICAS MECÂNICAS DE CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA, NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SANTA IZABEL, PARACATU - MG

Dissertação apresentada à Universidade de Brasília (Unb) - Faculdade UnB de Planaltina - UnB como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos.

Área de Concentração: Instrumentos da política de recursos hídricos.

Linha de Pesquisa: Ferramentas aplicadas aos instrumentos de gestão de recursos hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Rômulo José da Costa Ribeiro

Coorientadora: Prof.^a Dr^a Adriana Monteiro da Costa

BRASÍLIA

2023

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

GG694u Goulart, Álvaro de Moura
Utilização das metodologias de Zoneamento Ambiental Produtivo (ZAP) e Potencial de Uso Conservacionista (PUC), para implementação de práticas mecânicas de conservação de solo e água, na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Izabel, Paracatu - MG / Álvaro de Moura Goulart; orientador Rômulo José da Costa Ribeiro; co-orientador Adriana Monteiro da Costa. -- Brasília, 2023.
73 p.

Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) -- Universidade de Brasília, 2023.

1. Zoneamento Ambiental Produtivo. 2. Potencial de Uso Conservacionista. 3. Conservação de solo. 4. Conservação de água. I. Ribeiro, Rômulo José da Costa, orient. II. Costa, Adriana Monteiro da, co-orient. III. Título.

Álvaro de Moura Goulart

Utilização das metodologias de Zoneamento Ambiental Produtivo (ZAP) e Potencial de Uso Conservacionista (PUC), para implementação de práticas mecânicas de conservação de solo e água, na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Izabel, Paracatu - MG

Dissertação apresentada à Universidade de Brasília (Unb) - Faculdade UnB de Planaltina - UnB como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos.

Brasília, 2 de maio de 2023

Prof. Dr. Antônio de Almeida Nobre Junior
Universidade de Brasília

Prof. Dr. Abimael Cereda Júnior
Membro externo – Geografia das Coisas

Prof. Dr. Rômulo José da Costa Ribeiro
Universidade de Brasília (Orientador)

RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo avaliar as metodologias do Zoneamento Ambiental Produtivo (ZAP) e do Potencial de Uso Conservacionista (PUC) como ferramentas de análise espacial de dados geográficos e diagnósticos ambientais. Essas metodologias são oficialmente utilizadas no estado de Minas Gerais para a gestão integrada dos territórios, permitindo a formulação de planos, programas e projetos de adequação de sub-bacias hidrográficas com uma visão sistêmica. O estudo foi realizado na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Izabel, localizada no município de Paracatu-MG, com o propósito de implementar práticas mecânicas de conservação de solo e água. A metodologia adotada envolveu a análise e interpretação das metodologias ZAP e PUC, além de trabalhos de campo e reuniões com as comunidades da bacia do Ribeirão Santa Izabel. Utilizando um Sistema de Informação Geográfica (SIG), foram analisados dados do meio físico, como solos, litologia, relevo, recursos hídricos e uso e ocupação atual do solo. Isso permitiu a criação de um conjunto de dados e interpretações que subsidiaram o processo de tomada de decisão em relação às práticas de manejo e conservação do solo e água, visando um desenvolvimento sustentável. As metodologias de ZAP e PUC se mostraram eficazes na identificação das potencialidades e fragilidades da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Izabel. Além disso, permitiram a seleção de medidas que contribuíram para a melhoria da qualidade ambiental e para o desenvolvimento sustentável da área de estudo. Como resultado, foram identificadas microbacias prioritárias onde foram implementadas práticas como a construção de terraços e bacias de captação de água, visando à conservação do solo e água. Essas ações foram fundamentais para a promoção de um ambiente mais saudável e para o desenvolvimento sustentável da região. As metodologias de ZAP e PUC se mostraram eficientes no processo de análise espacial de dados geográficos e diagnósticos ambientais. Ao utilizar essas ferramentas, foi possível identificar medidas de conservação adequadas e implementá-las em microbacias prioritárias, contribuindo para a proteção do meio ambiente e para o desenvolvimento sustentável da área de estudo.

Palavras-chave: Zoneamento Ambiental Produtivo; Potencial de Uso Conservacionista; Conservação de solo; Conservação de água.

ABSTRACT

This dissertation aims to evaluate the Productive Environmental Zoning (ZAP) and Conservation Potential Use (PUC) methodologies as tools for spatial analysis of geographic data and environmental diagnoses. These methodologies are officially used in the state of Minas Gerais for the integrated management of territories, allowing the formulation of plans, programs and projects for adapting hydrographic sub-basins with a systemic view. The study was carried out in the Ribeirão Santa Izabel hydrographic sub-basin, located in the municipality of Paracatu-MG, with the purpose of implementing mechanical soil and water conservation practices. The methodology adopted involved the analysis and interpretation of the ZAP and PUC methodologies, in addition to fieldwork and meetings with communities in the Ribeirão Santa Izabel basin. Using a Geographic Information System (GIS), data from the physical environment were analyzed, such as soils, lithology, relief, water resources and current land use and occupation. This allowed the creation of a set of data and interpretations that supported the decision-making process in relation to soil and water management and conservation practices, aiming at sustainable development. The ZAP and PUC methodologies proved effective in identifying the strengths and weaknesses of the Ribeirão Santa Izabel hydrographic sub-basin. In addition, they allowed the selection of measures that contributed to the improvement of environmental quality and to the sustainable development of the study area. As a result, priority microbasins were identified where practices such as the construction of terraces and water catchment basins were implemented, aiming at soil and water conservation. These actions were fundamental for the promotion of a healthier environment and for the sustainable development of the region. The ZAP and PUC methodologies proved to be efficient in the process of spatial analysis of geographic data and environmental diagnoses. By using these tools, it was possible to identify adequate conservation measures and implement them in priority watersheds, contributing to the protection of the environment and the sustainable development of the study area.

Keywords: Productive Environmental Zoning; Potential for Conservation Use; Soil conservation; Water Conservation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do Município de Paracatu	28
Figura 2 - Representação gráfica da sub-bacia do ribeirão Santa Izabel, Paracatu, MG	29
Figura 3 - Localização da Bacia do Rio Paracatu	31
Figura 4 - Mapa das Classes Litológicas encontradas na sub-bacia do Ribeirão Santa Izabel	34
Figura 5 - Mapa de Classes de Solos da sub-bacia do Ribeirão Santa Isabel.....	35
Figura 6 - Mapa Hipsométrico da sub-bacia do Ribeirão Santa Isabel	36
Figura 7 - Mapa da hidrografia da sub bacia hidrográfica.....	38
Figura 8 - Croqui com a sequência da etapa 3.....	40
Figura 9 - Procedimentos para elaboração do levantamento de uso e ocupação.....	41
Figura 10 - Mapa final das Paisagem da sub-bacia do Ribeirão Santa Isa.....	44
Figura 11 - Unidade de paisagem - Superfície Tabular	45
Figura 12 - Unidade de paisagem - Colina de Topo Alongado	45
Figura 13 - Unidade de paisagem - Rampa de Colúvio	46
Figura 14 - Unidade de paisagem - Rebordo	46
Figura 15 - Unidade de paisagem de Rebordo.....	47
Figura 16 - Unidade de paisagem - Vertente Ravinada.....	47
Figura 17 - Unidade de paisagem - Vertente Côncava.....	48
Figura 18 - Unidade de paisagem - Domo.....	49
Figura 19 - Usuários de água na bacia do ribeirão Santa Isabel, Paracatu, MG	50
Figura 20 - Mapa de disponibilidade hídrica na bacia do Ribeirão Santa Isabel.....	51
Figura 21 - Mapa de uso e ocupação das terras na sub-bacia do Ribeirão Santa Izabel - Paracatu- MG.....	52
Figura 22 - Mapa do potencial de uso conservacionista.....	53
Figura 23 - Mapa da divisão das microbacias da sub-bacia do ribeirão Santa Izabel	55
Figura 24 - Reunião com a comunidade Nolasco.....	56
Figura 25 - Reunião com a Comunidade Contagem	56
Figura 26 - Reunião com a Comunidade Soares.....	57
Figura 27 - Reunião com lideranças municipais do município de Paracatu	57
Figura 28 - Pátio de máquinas da empresa de engenharia contratada	58

Figura 29 - Mapa das intervenções realizadas na microbacia do Córrego Conceição, afluente do ribeirão Santa Izabel	60
Figura 30 - Mapa das intervenções realizadas na microbacia do Córrego Paiol, afluente do ribeirão Santa Izabel	61
Figura 31 - Mapa das intervenções realizadas na microbacia do Córrego Paiol II, afluente da Ribeirão Santa Izabel.....	62
Figura 32 - Mapa das intervenções realizadas na microbacia da Vereda Elias, afluente do Ribeirão Santa Izabel	63
Figura 33 - Mapa das intervenções realizadas na microbacia do Alto Ribeirão Santa Izabel	64
Figura 34 - Implementação das bacias de captação de águas pluviais	65
Figura 35 - Marcação e construção dos terraços	66

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Totais anuais precipitados na estação de Paracatu operada pela Copasa
..... 17
- Gráfico 2 - Vazões no ribeirão Santa Izabel, agrupadas de acordo com os meses .. 18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Bases de dados espaciais utilizadas na aplicação do método PUC, mar. 2019	42
Tabela 2 - Classes de PUC e suas respectivas áreas para a bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Izabel	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADESP	Agência para o Desenvolvimento Econômico e Social de Paracatu
AHP	Análise Hierárquica de Processos
ALOS	Advanced Land Observing Satellite
ANA	Agência Nacional de Águas
APE	Área de Proteção Especial
APP	Áreas de Preservação Permanente
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CH	Circunscrição Hidrográfica
CMDRS	Conselho Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco
Copasa	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
DPS	Departamento de Solos do Centro de Ciências Agrárias
Emater-MG	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais
Epamig	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
GMS	graus, minutos e segundos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Índice de Consistência
IDE-Sisema	Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
IEF	Instituto Estadual de Floresta
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IMA	Instituto Mineiro de Agropecuária
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
IRRIGANOR	Associação dos Produtores Rurais e Irrigantes do Noroeste de Minas Gerais
ISA	Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional

MEXPAR	Metodologia Participativa de Extensão Rural para o Desenvolvimento Sustentável
MI	Ministério da Integração Nacional
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NASA	National Aeronautics and Space Administration
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento do vale do São Francisco e Paranaíba
ONU	Organização das Nações Unidas
PALSAR	The Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar
PASEA	Projeto de Adequação Socioeconômica e Ambiental
PRA	Programa de Regularização Ambiental
PUA	Potencial para Uso Agropecuário
PUC	Potencial de Uso Conservacionista
PUP	Potencial de Uso Produtivo
RL	Reserva Legal
Ruralminas	Fundação Rural Mineira
SEAPA	Secretaria de Agricultura, Pecuária Abastecimento
SECTES	Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior
SEMAD	Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SICAR	Sistema de Cadastro Ambiental Rural
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SMA	Secretaria Municipal de Agricultura
SMMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SRC	Sistema de Referência de Coordenadas
UCI	Unidade de Conservação Integral
UFV	Universidade Federal de Viçosa
Unesco	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UPs	Unidades de Paisagem
ZAP	Zoneamento Ambiental Produtivo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Contextualização	13
1.2	Justificativa.....	15
1.3	Problema	16
1.4	Objetivos	21
1.4.1	<i>Geral</i>	21
1.4.2	<i>Específicos</i>	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	Zoneamento Ambiental Produtivo (ZAP)	22
2.2	Potencial de uso conservacionista (PUC)	24
2.3	Bacia hidrográfica como unidade de análise territorial e práticas de manejo e conservação do solo e água.....	25
3	ÁREA DE ESTUDO	28
3.1	Caracterização geral.....	28
3.2	Clima.....	33
3.3	Geologia	33
3.4	Solos.....	34
3.5	Geomorfologia	35
4	METODOLOGIA	37
4.1	Estudo da sub bacia utilizando o Zoneamento Ambiental Produtivo (ZAP)	37
4.1.1	<i>Etapa 1: Seleção da área de estudo</i>	38
4.1.2	<i>Etapa 2: Definição das unidades de paisagem</i>	38
4.1.3	<i>Etapa 3 - Avaliação do balanço hídrico</i>	39
4.1.4	<i>Etapa 4: Levantamento do uso e ocupação da terra</i>	41
4.2	Potencial de Uso Conservacionista (PUC)	41
5	RESULTADOS	43
5.1	Caracterização da sub-bacia	43
5.2	Mapas realizados com a aplicação do ZAP	43
5.2.1	<i>Unidades de paisagem</i>	43
6	CONCLUSÃO	68
	REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Sob o título “O Valor da Água”, a Organização das Nações Unidas (ONU), lançou, em 23 de março de 2021, o “Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021”. Apresentado em evento on-line organizado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) e Rede Brasil do Pacto Global da ONU, o documento apresenta um panorama atualizado sobre a situação dos recursos hídricos em diferentes regiões do planeta.

O documento aponta que, em âmbito mundial, a capacidade *per capita* do armazenamento de água em reservatórios construídos pelo homem diminui com o passar do tempo, tanto em razão do aumento da demanda por água, resultante do crescimento populacional, quanto pela redução da capacidade de armazenamento dos reservatórios naturais, principalmente, devido ao assoreamento.

“As médias anuais de perdas no volume de armazenamento equivalem a cerca de 1% da capacidade total de armazenar água em reservatórios, e os custos estimados para restaurar essas perdas são de aproximadamente US\$ 13 bilhões por ano” (UNESCO, 2021, p. 2). Dados da FAO, constantes do documento, revelam que

[...] atualmente, a agricultura é responsável por 69% das retiradas de água em âmbito mundial, que é usada principalmente para irrigação, mas também inclui a água para rebanhos bovinos e aquicultura. Essa proporção pode chegar a 95% em alguns países em desenvolvimento (FAO, 2011 apud UNESCO, 2021, p. 2).

Fundamentada no atual cenário de abastecimento global de água, como registrado no relatório da ONU, a FAO estima que o mundo vai precisar de cerca de 60% mais alimentos até 2050. A FAO admite, ainda, que a quantidade de água necessária para esses empreendimentos não está disponível e reconhece que a água captada para uso na agricultura pode aumentar somente 10%.

Dentre os estados do Brasil, na região Sudeste, o Estado de Minas Gerais, apresentou no período 2006-2017, o maior crescimento de área irrigada (116,1%), devido à expansão das áreas irrigadas com pivô central. Na apresentação da obra “Agricultura Irrigada desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável”, o

pesquisador da Embrapa Cerrados, Lineu Neiva Rodrigues, ressalta que o Brasil, com sua grande capacidade de produção agrícola, em razão de seu grande potencial de uso dos solos, água e radiação solar, pode contribuir, significativamente, para o atendimento da crescente demanda mundial por alimentos.

O aumento da produção de alimentos está diretamente associado ao aumento da demanda hídrica. Relatório da FAO projeta que a retirada de água para fins de irrigação crescerá cerca de 10% até 2050. Este fato, associado ao crescimento da escassez hídrica e à competição entre usuários de água, representa um sério desafio para os gestores de recursos hídricos (RODRIGUES, 2017, p. 9).

Garantir segurança alimentar para a população, em um planeta com tamanhas diferenças sociais, econômicas e ambientais constitui-se, seguramente, em um dos maiores desafios atuais da humanidade. Entretanto, este aumento da produção de alimentos deve ser considerado sob uma abordagem mais ampla, em um contexto de sustentabilidade ambiental, o que significa produzir mais alimentos, de melhor qualidade, de tal forma que cause o menor dano possível aos recursos naturais.

Para tanto, melhorar a eficiência de uso da água, recurso vital para a sociedade atual e futura, tanto para a produção de alimentos, quanto para a manutenção e preservação dos recursos naturais – finitos – de modo a obter, no final do processo produtivo, melhor qualidade de vida para a população e condições ambientais apropriadas se torna fundamental. O problema em questão representa um desafio estratégico e um objeto de pesquisa para o poder público, pesquisadores, produtores rurais, fornecedores de tecnologias, sociedade civil organizada e outros atores envolvidos.

A bacia hidrográfica é indicada como unidade territorial de análise e, consiste no limite natural onde o relevo direciona a água para um ponto comum conhecido como foz do rio. A gestão incorreta das bacias hidrográficas pode afetar seriamente a disponibilidade de água, prejudicando tanto as águas superficiais quanto as subterrâneas (COSTA et al., 2019b). Assim, no intuito de auxiliar a tomada de decisão, voltada ao planejamento, conservação e mitigação de eventuais conflitos, diferentes estudos valem-se de procedimentos que conciliam uma interpretação apurada do meio físico, podendo combinar-se com os propósitos cartográficos, em aspecto quali-quantitativo (COSTA et al., 2019c).

A bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Izabel, localizada no município de Paracatu, estado de Minas Gerais, é um importante manancial hídrico, responsável pelo abastecimento do município de Paracatu. Nos últimos anos tem sofrido com a escassez hídrica com impactos na disponibilidade de água para a região.

1.2 Justificativa

Para o gerenciamento e conservação dos recursos naturais numa bacia hidrográfica, são necessários estudos integrados e metodologias que utilizam a geotecnologia na pesquisa como uma alternativa viável a redução de tempo e custos na compreensão e gestão do espaço (MENDES, 2022).

O Estado de Minas Gerais é um dos precursores no desenvolvimento de análises integradas do espaço e no estabelecimento de uma política estadual de recursos hídricos com o uso de geotecnologias, sobretudo associadas à gestão e organização do espaço (MENDES, 2022).

Dentre estas ferramentas desenvolvidas no estado de Minas Gerais estão o Zoneamento Ambiental Produtivo de sub-bacias hidrográficas (ZAP) (MINAS GERAIS, 2016) e o Potencial de Uso Conservacionista (PUC) (COSTA et al., 2019a).

O ZAP é a metodologia oficial do Estado de Minas Gerais para a caracterização socioeconômica e ambiental de sub-bacias hidrográficas (COSTA et al., 2019a). O PUC por sua vez busca, por meio de critérios técnicos e objetivos, com o uso de ponderação e álgebra de mapas, levantar as potencialidades e limitações do meio físico, como subsídio ao ordenamento territorial e ao planejamento do uso do solo em bacias hidrográficas (COSTA et al., 2019a).

A utilização dessas metodologias pode traçar um panorama atual da situação da bacia hidrográfica e contribuir para elaboração de planos, programas e projetos de conservação de solo e água a serem implementados na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Izabel e, conseqüentemente contribuir para a melhoria da qualidade ambiental, proteção da biodiversidade, promoção da segurança hídrica e redução dos impactos ambientais negativos na bacia.

Este trabalho objetiva a utilização destas metodologias de análises espaciais de dados geográficos e diagnóstico ambiental como ferramentas para a implementação de práticas de conservação de solo e água com vista a subsidiar medidas de recuperação

e revitalização da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Isabel no município de Paracatu, MG.

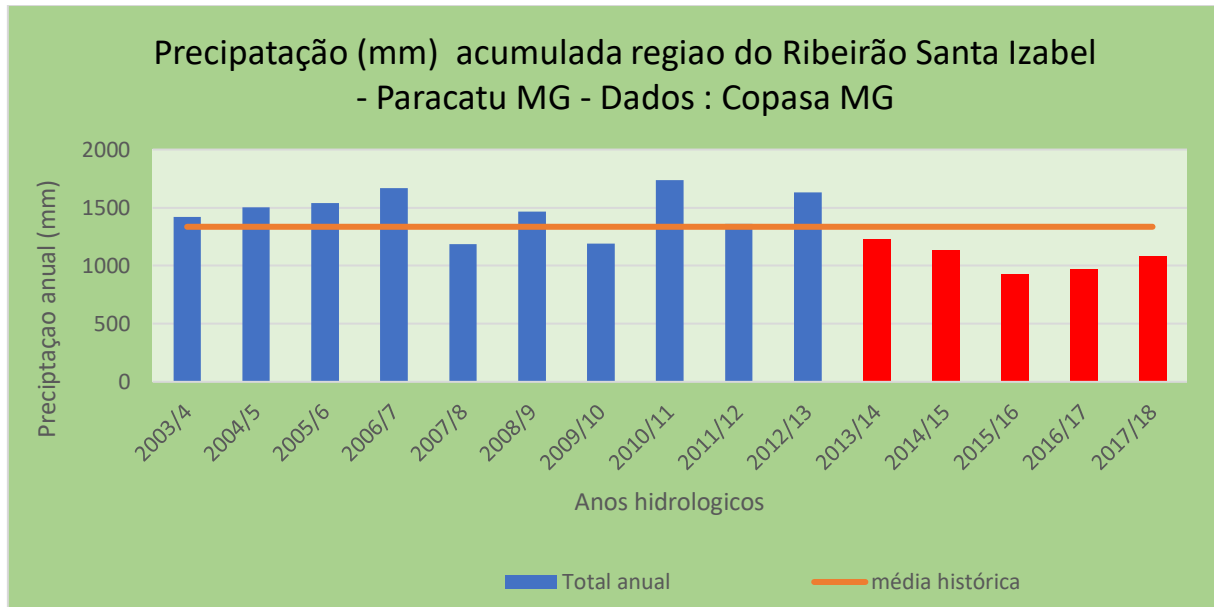
1.3 Problema

No ano de 2017, os moradores da cidade de Paracatu, no Noroeste do estado de Minas Gerais vivenciaram uma crise hídrica que durou cerca de dois meses, e somente foi normalizada quando iniciaram as chuvas na região.

O abastecimento de água na Cidade de Paracatu, foi interrompido devido à redução da quantidade e qualidade da água bruta do Ribeirão Santa Isabel, manancial que abastece a cidade (PARACATU, 2021), fato este, que coincide justamente com a redução das chuvas nos últimos anos, de acordo com a série de dados da estação pluviométrica da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (2018), no município de Paracatu.

Considerando quinze anos hidrológicos completos, até o ano hidrológico de 2018, constata-se que a média histórica dos totais pluviométricos anuais da estação é de 1.334,94 mm. A análise dos dados da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa) evidencia que a houve uma redução gradativa na pluviometria, ao considerarmos os quatro últimos anos hidrológicos de 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, onde os índices pluviométricos foram: 1223,7mm, 1133,8 mm, 927,3 mm e 966,7mm, respectivamente, portanto, a média destes últimos anos ficou 17,2 % abaixo da média dos quinze anos que foi de 1334,94 mm, conforme apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Totais anuais precipitados na estação de Paracatu operada pela Copasa

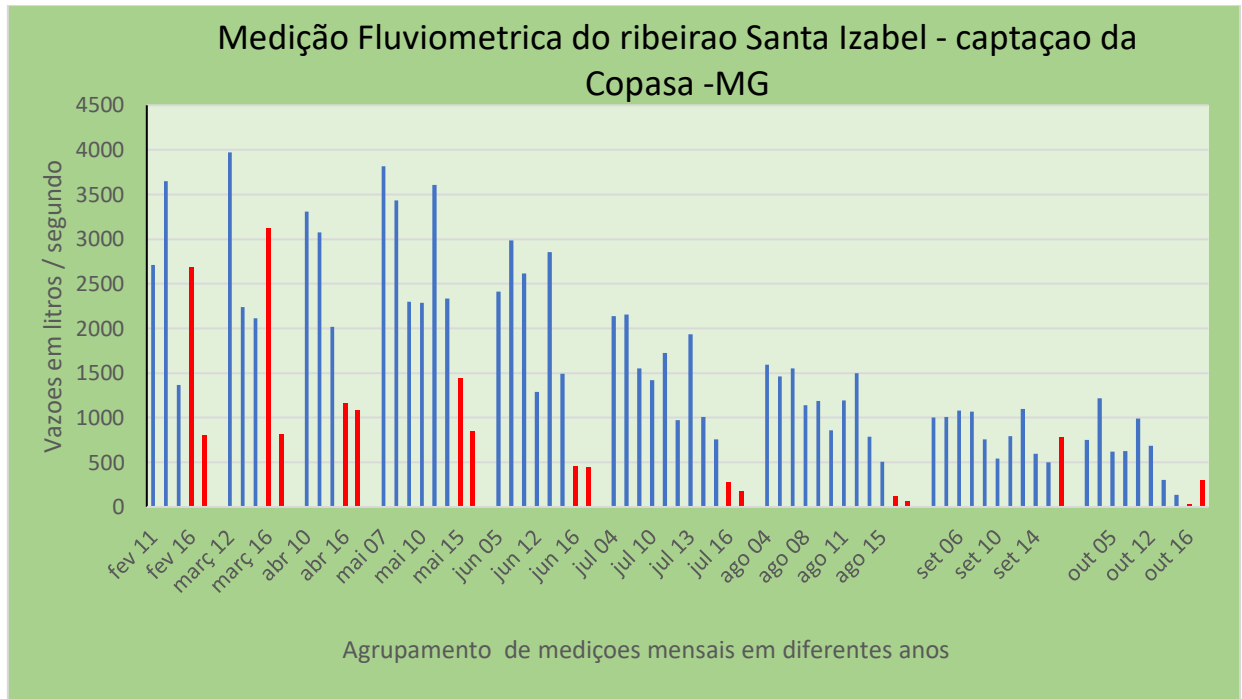


Fonte: Dados da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (2018).

Ainda, de acordo com os dados de vazão da Copasa, agrupados por meses, mesmo considerando alguns meses do ano em que não foram realizadas as medições, verifica-se uma redução na vazão deste manancial nos períodos de maior seca na região, correspondentes aos meses de agosto a outubro dos anos de 2016 e 2017 que apresentaram uma redução de aproximadamente, 57% do volume hídrico.

Deste modo, a situação do ribeirão Santa Izabel torna-se cada vez mais preocupante, considerando a existência de diversas captações a montante do ponto avaliado e a vazão residual praticamente nula nos períodos de estiagem (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Vazões no ribeirão Santa Izabel, agrupadas de acordo com os meses



Fonte: Dados da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (2018).

A preocupação com a diminuição do volume de água no Ribeirão Santa Izabel justifica-se e requer ações no sentido de reverter este cenário, pois o município de Paracatu apresenta um grande crescimento populacional e industrial e, conseqüentemente, aumento na demanda de água para abastecimento urbano.

No setor da indústria da transformação, por exemplo, enquanto Paracatu registrou alta de 10,35%, a média do país ficou em 0,37% e a de Minas, em 0,45%. A construção civil na cidade também obteve excelente desempenho (12,43%), se confrontada com os índices médios do país (1,36%) e do estado (1,55%) (LOBATO, 2012).

Este crescimento resultou na geração de mais empregos no município o que refletiu no aumento da população em índices acima da média estadual a partir da década de 2010.

Em Paracatu, o número de habitantes subiu 9,5% no período, com o total saltando de 75.216 pessoas em 2000, para 82.362. Já o percentual no estado, em igual intervalo, cresceu 7%, de 17.891.494 homens e mulheres para 19.159.260. A maior empregadora da terra sonhada pelo Patriarca da Independência é a canadense Kinross Gold Corporation, que explora, a poucos quilômetros do núcleo histórico de Paracatu, a maior mina de ouro a céu aberto da América Latina. (LOBATO, 2012).

O município possui uma economia predominantemente agrícola e a água passou a ser um fator limitante para o desenvolvimento da agricultura irrigada, principalmente na região da sub-bacia do ribeirão Santa Izabel que abastece a cidade. De acordo com o levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2018) novos polos de pivôs centrais surgiram mais recentemente, com crescimento em ritmo superior aos demais estados, resultando em 8% da área nacional para cada uma das duas unidades da Federação como é o caso do município Paracatu (MG).

Em decorrência da escassez hídrica, tornou-se ainda mais evidente a necessidade de realizar ações para revitalização da sub-bacia hidrográfica, no sentido de aumentar a oferta de água neste manancial por meio de intervenções que promovam a infiltração de água no solo. Com isto, espera-se o aumento e manutenção da vazão do manancial, garantindo o abastecimento humano da cidade de Paracatu e a oferta de água para o meio rural para dessedentação animal, manutenção das comunidades rurais e a agricultura irrigada.

A partir de 2017, com a retomada do Programa de Revitalização de Sub-bacias Hidrográficas do Rio São Francisco, o município de Paracatu foi contemplado com recursos do Programa, e foi selecionada a sub-bacia do Ribeirão Santa Izabel, objeto deste estudo –, e através de edital de licitação foi contratada uma empresa especializada, para a prestação dos serviços de engenharia, com fornecimento de máquinas e mão-de-obra, para a construção de terraços e bacias de captação de águas pluviais.

Estas obras foram precedidas de levantamentos prévios em campo para implementação das ações de conservação de solo e água, pelos técnicos, identificando e georreferenciando os pontos onde seriam necessárias as intervenções na sub-bacia do Ribeirão Santa Izabel¹.

As práticas mecânicas de terraceamento, bacias de captação de águas pluviais, são utilizadas como medidas de conservação de solo e água, facilitam a infiltração das águas pluviais, evitam o assoreamento dos corpos hídricos e contribuem para a melhoria da oferta de água.

¹ Edital de licitação Concorrência pública nº 001/2015 Processo nº 2111006/062/2015.

De acordo com Goulart (2018), quando se pretende trabalhar com manejo integrado de bacia hidrográfica, é importante estabelecer critérios técnicos para implementação de obras de conservação de solo e água.

Considerando que as obras foram previamente quantificadas e que deveriam ser priorizadas áreas com maiores problemas com o objetivo de melhor utilização dos recursos com ações mais assertivas, deve-se lançar mão de informações disponíveis para os trabalhos de campo, tendo como auxílio mapas com a identificação prévia de áreas prioritárias.

Nesta perspectiva, no ano de 2018, na busca por soluções para a crise hídrica na sub-bacia do Ribeirão Santa Izabel, que abastece o município, a Prefeitura Municipal de Paracatu em parceria com o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae), e Associação dos Produtores Rurais e Irrigantes do Noroeste de Minas Gerais (IRRIGANOR), contrataram uma empresa para realizar o Zoneamento Ambiental Produtivo (ZAP), na sub-bacia do Ribeirão Santa Izabel, sendo finalizado em 22 de março de 2019, ocasião que foi realizado o diagnóstico da situação atual da sub-bacia (FUNDACAO ALEXANDER BRANDT, 2018).

O ZAP apresenta três produtos principais representados em 3 etapas: 1) Mapeamento das potencialidades e limitações do meio físico; 2) Demanda e disponibilidade hídrica e 3) Uso e ocupação do solo atual. Para obtenção do produto 1 em substituição ao método das Unidades de paisagem (MINAS GERAIS, 2016) foi aprovado a utilização do Método PUC (MINAS GERAIS, 2022).

O PUC permite uma análise integrada ao diagnóstico de uso e ocupação da terra, identificando áreas com maior ou menor potencial para recarga hídrica, desenvolvimento de atividades agropecuárias e resistência à erosão (MENDES, 2022). Essa interpretação permite apontar se o uso atual está em conformidade com o potencial de uso da área, a fim de garantir sua maior sustentabilidade (COSTA et al., 2019b, 2019c). O método tem sido utilizado por diferentes nas análises que necessitam de um olhar integrados dos elementos que compõem os territórios, sobretudo relacionados à conflitos hídricos (AQUINO et al., 2020; COSTA et al., 2019b, 2019c; FREITAS et al., 2022; MUCIDA et al., 2022; TENENWURCEL et al., 2020).

Desta forma, as ferramentas ZAP e PUC estão, oficialmente, à disposição das instituições e dos profissionais do estado de Minas Gerais, podendo ambas serem utilizadas como ferramentas para o diagnóstico situacional com vistas à prospecção de elementos necessários ao diagnóstico de bacia hidrográfica.

Acredita-se que, com a utilização do ZAP e do PUC, obtém-se resultados de forma mais rápida e eficiente, permitindo realizar estudos de uso planejado de bacias hidrográficas, identificar suas fragilidades e potencialidades, bem como subsidiar o trabalho de profissionais com vistas à implantação de práticas de conservação de solo e água.

Assim, justifica-se, sobremaneira, a realização desta dissertação, a partir da hipótese de que o ZAP e PUC realizam um importante diagnóstico do território e fornecerem elementos necessários para os estudos de manejo integrado de bacias hidrográficas com a implementação de obras de conservação e preservação de bacias hidrográficas.

Espera-se que os mapas gerados a partir deste trabalho, facilitem a implementação de práticas conservacionistas que irão aumentar a quantidade e a qualidade da água no ribeirão Santa Izabel, no município de Paracatu.

1.4 Objetivos

1.4.1 Geral

Esse estudo teve como objetivo avaliar as metodologias do Zoneamento Ambiental Produtivo (ZAP) e do Potencial de Uso Conservacionista (PUC) como ferramentas de análise espaciais de dados geográficos e diagnósticos ambientais, para implementar práticas mecânicas de conservação de solo e água na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Izabel, localizada no município de Paracatu-MG.

1.4.2 Específicos

- Verificar a eficácia das ferramentas para identificação das potencialidades e fragilidades da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Izabel.
- Identificar microbacias prioritárias e localidades para implementação de práticas mecânicas de conservação de solo e água.
- Utilizar as ferramentas como subsídios para o processo de tomada de decisão em relação às práticas de manejo e conservação do solo e água, visando um desenvolvimento sustentável.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Zoneamento Ambiental Produtivo (ZAP)

Entender as potencialidades, as fragilidades e as restrições técnicas e legais quanto ao uso e ocupação da terra, no contexto da produção agrossilvopastoril, é de fundamental importância para identificar áreas com potencial produtivo, ao mesmo tempo em que se propicia o planejamento e implementação de ações de conservação dos recursos ambientais, de forma a construir e manter a sustentabilidade das propriedades rurais a longo prazo.

Planejar e executar o manejo correto e apropriado desses recursos ambientais, sobretudo em relação à solo e água, bem como orientar ações de conservação e restauração da biodiversidade em bacias hidrográficas, somente é possível quando se compreendem as características e a dinâmica do ambiente em questão, considerando-se suas potencialidades e fragilidades

Assim, o governo de Minas vem investindo na elaboração de ferramentas que permitam uma análise integrada dos territórios, subsidiando a elaboração de mapeamentos e estudos necessários para o desenvolvimento de projetos agropecuários e de licenciamento ambiental. Desta forma o ZAP foi implantado como um instrumento de gestão e planejamento ambiental e territorial aplicado a sub-bacias hidrográficas no estado de Minas Gerais.

O Zoneamento Ambiental Produtivo, ZAP é de domínio público e foi aprovado como Metodologia Mineira de Caracterização Socioeconômica e Ambiental de Sub-bacias Hidrográficas pelo Decreto Estadual nº 46650, de 19 de novembro de 2014, (MINAS GERAIS, 2014). Ele permite que se realizem estudos tais como diagnóstico da disponibilidade hídrica, levantamento do uso e ocupação do solo e caracterização de unidades de paisagem das sub-bacias estudadas (MINAS GERAIS, 2016) e tem como objetivo a disponibilização de base de dados e informações para subsídio à formulação, implantação e monitoramento de planos, projetos e ações que busquem o aprimoramento do planejamento e da gestão dos recursos naturais da sub-bacia (MINAS GERAIS, 2020).

Proposto pela Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e pela Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SEAPA), sob responsabilidade da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) desde 2019, o ZAP

tem suas bases metodológicas e procedimentais estabelecidas no âmbito de seu Comitê Gestor que, por sua vez, é composto por representantes dos seguintes órgãos estado de Minas Gerais:

- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (Emater-MG);
- Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig);
- Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM);
- Fundação Rural Mineira (RURALMINAS);
- Instituto Estadual de Florestas (IEF);
- Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA).
- Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM);
- Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SEAPA);
- Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (SECTES);
- Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD);

De caráter deliberativo e consultivo, o Comitê Gestor do ZAP tem por finalidade acompanhar, orientar, validar, sistematizar e disponibilizar os estudos do Zoneamento Ambiental e Produtivo elaborados pelas diversas entidades envolvidas com o planejamento e gestão de bacias hidrográficas no estado de Minas Gerais, bem como a validação dos resultados dos estudos, cujas bases geoespaciais são sistematizadas e disponibilizadas na Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema)². (MINAS GERAIS, 2019, p. 9).

De acordo com o documento que institui o Zoneamento Ambiental e Produtivo em Minas Gerais,

[...] no contexto dos instrumentos de gestão e planejamento de territórios, o ZAP se relaciona de forma complementar aos Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA), ao Projeto de Adequação Socioeconômica e Ambiental (PASEA), ao Cadastro Ambiental Rural (CAR), ao Programa de Regularização Ambiental (PRA), dentre outros. Estes indicadores são aplicados às propriedades rurais visando sua sustentabilidade e a das bacias hidrográficas às quais pertencem (MINAS GERAIS, 2020, p. 9).

² Cf. <http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>.

Ainda conforme definido no documento, a aplicação do ZAP pode contribuir com o processo de adoção de medidas para adequação de uma bacia hidrográfica, que envolve, posteriormente, a elaboração de planos, a formalização de pactos e o desenvolvimento de ações em escala à nível de propriedade. Dessa forma, o ZAP pode contribuir para o estabelecimento de diretrizes de uso e ocupação da terra.

Também são explicitados no documento os objetivos de cada etapa, os métodos e as ferramentas técnicas que podem ser utilizados em cada etapa do ZAP que são detalhadas conforme a seguir.

2.2 Potencial de uso conservacionista (PUC)

O Potencial de Uso Conservacionista (PUC) é um método de análise espacial que segmenta e classifica as áreas de bacias hidrográficas, em função dos potenciais de recarga hídrica, para uso agropecuário e da resistência à erosão, e por meio de critérios técnicos e objetivos, com o uso de ponderação e álgebra de mapas, levanta as potencialidades e limitações do meio físico como subsídio ao ordenamento territorial e ao planejamento do uso do solo em bacias hidrográficas (COSTA et al., 2022).

O método aprovado pelo Comitê Gestor do ZAP em substituição ao das Unidades de Paisagem para estudos do Zoneamento Ambiental e Produtivo no Estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2022), tem sido bastante utilizado também para outros estudos (AQUINO et al., 2020; COSTA et al., 2019b, 2019c; FREITAS et al., 2022; MUCIDA et al., 2022; TENENWURCEL et al., 2020).

Segundo Mucida et al. (2022), o método PUC permitiu avaliar fatores relacionados à conservação do solo e a produção de água, em estudo em Minas Gerais além de ser um importante indicador para avaliação de potencialidades para novas atividades econômicas, sobretudo com vocações agrícolas.

Assim, a utilização do método PUC na bacia do ribeirão Santa Isabel pode identificar áreas de maiores e menores fragilidades e potencialidades, além de avaliar a adequação do uso dos solos na bacia.

2.3 Bacia hidrográfica como unidade de análise territorial e práticas de manejo e conservação do solo e água

A Política Nacional de Recursos Hídricos instituiu a bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento, e dentre seus objetivos destacam-se: a manutenção da quantidade e da qualidade dos diversos usos ao longo do tempo, o uso racional e integrado dos recursos hídricos visando a sustentabilidade e a prevenção de eventos hidrológicos críticos, tanto de origem natural quanto devido a interferências antrópicas (BRASIL, 1997).

A adoção das bacias hidrográficas para o planejamento, monitoramento e avaliação do uso dos recursos naturais é o primeiro passo para projetos de conservação do solo e da água. São unidades geográficas naturais, e por apresentarem semelhanças dos fatores econômicos e sociais ambientais, portanto, apropriadas para o estabelecimento de um plano unificado para o controle das interferências das atividades agropecuárias no meio ambiente.

O manejo integrado de bacias hidrográficas tem o objetivo de tornar compatível produção com preservação/conservação ambiental, buscando adequar a interferência antrópica às características biofísicas dessas unidades naturais (ordenamento do uso/ocupação da paisagem, observadas as aptidões de cada segmento e sua distribuição espacial na respectiva bacia hidrográfica), sob gestão integrativa e participativa, de forma que sejam minimizados impactos negativos e se garanta o desenvolvimento sustentado (SOUZA; FERNANDES, 2000 apud DILL, 2007, p.18).

As bacias hidrográficas são fundamentais quando se trata de preservação dos recursos hídricos, pois as atividades desenvolvidas geram consequências na quantidade e na qualidade da água.

Segundo Embrapa (2003 apud TONELLO, 2005), o manejo de bacias hidrográficas gera uma integração tanto na parte ambiental como na parte econômica, social, institucional e legal, conseqüentemente gerando a conservação e utilização sustentável dos recursos naturais.

No contexto das atividades agrossilvopastoris, nota-se uma preocupação da sociedade civil organizada em relação às suas resultantes sobre o ecossistema, de modo geral, como se constou com o advento da reedição da Lei Florestal nº 12.651/2012, na busca da identificação das áreas com potencialidades produtivas, e principalmente, aquelas com restrições de uso. Contudo, a implementação da política florestal, necessita

de conhecimentos prévios do território, com vistas a orientar as ações de restauração da biodiversidade (BRASIL, 2012).

A discussão do novo Código Florestal provocou um conjunto de estudos sobre a necessidade de recuperação de áreas classificadas como Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reserva Legal (RL), com déficit estimado em 42 milhões de hectares. Além disto, foram identificados 49 milhões de hectares de pastagens degradadas, onde a agricultura ocupa 60 milhões de hectares e a pecuária 128 milhões, numa extensão total do território nacional de 780 milhões de hectares (SPAROVEK et al., 2011).

A ação antrópica, o desmatamento desordenado para a implantação de áreas agricultáveis aliados à falta de uso de tecnologias adequadas à conservação do solo, ocasionam sua compactação diminuindo as taxas de infiltração de água, além de acelerar o escoamento superficial, ocasionando problemas como a erosão, assoreamentos, enchentes, diminuição da disponibilidade das águas superficiais e o rebaixamento do nível do lençol freático (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS, 2014).

Para a implantação de um sistema de terraceamento – como medida mitigatória dos impactos da ação antrópica – deve-se realizar um amplo e criterioso estudo das condições em que o mesmo será implantado. Neste estudo, deve-se levantar o maior número de informações possíveis, como por exemplo, fotografias aéreas, mapas de solos, características das precipitações típicas da região, forma prevista de ocupação da área em relação ao uso e manejo do solo, assim como quaisquer informações que sejam relevantes ao planejamento (PRUSKY, 2009).

A prática de terraceamento tem comprovada eficiência no controle da erosão de terras cultivadas e sua principal função é a redução das perdas de solo e água pela erosão, prevenindo a formação de sulcos e grotas, sendo mais eficiente quando usado em combinação com outras práticas, como por exemplo, plantio em contorno, cobertura morta e culturas em faixas (BERTONI; LOMBARDI, 1990).

Um dos métodos mais eficientes de contenção do escoamento superficial³, segundo a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais

³ O escoamento superficial é a fase do ciclo hidrológico que trata da água oriunda das precipitações que, por efeito da gravidade, se desloca sobre a superfície terrestre. Engloba, portanto, o volume de água precipitada sobre o solo saturado ou uma superfície impermeável que escoam superficialmente, seguindo linhas de maior declive, na direção de um curso de água mais próximo indo, posteriormente se desembocar nos oceanos. Sua duração está associada praticamente à

(2005) são as bacias de infiltração, também conhecidas como bacias de contenção, bacias de retenção, barraginhas ou bolsões. As barraginhas são pequenos reservatórios que possuem forma de bacia, construídos nos terrenos, ou seja, é uma área escavada que tem como principal função a contenção das enxurradas, por meio da coleta da água que escoar em excesso em propriedades rurais ou estradas vicinais e a recarga de água subterrânea (EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2005).

As barraginhas devem ser construídas dispersas nas áreas de agricultura e pastagem, sendo construída uma para cada área onde ocorra um volume significativo de escoamento superficial (BARROS et al., 2013 apud BARROS; RIBEIRO, 2009).

Nesse sentido, deve haver uma boa integração entre o produtor rural, os técnicos e os operadores das máquinas, para que se identifique os pontos cruciais que são mais afetados pelas enxurradas dentro do terreno e os melhores locais para implantação das barraginhas (BARROS; RIBEIRO, 2009).

No Brasil, as discussões relacionadas à análise ambiental, frequentemente, giraram em torno da temática dos recursos hídricos e, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) tem incentivado a criação de instrumentos de gestão, no intuito de garantir a provisão dos mesmos (SALIS et al., 2017).

Diversas metodologias de caracterização e avaliação ambiental são aplicadas em estudos que tenham as bacias hidrográficas como unidades de planejamento para auxiliar a tomada de decisões, voltadas ao planejamento, conservação de recursos hídricos.

O segundo passo é a organização dos produtores rurais, como estratégia para promover a melhoria da produtividade agrícola e o uso de tecnologias adequadas sob o ponto de vista ambiental, econômico e social.

Para a mobilização da comunidade foi utilizada a Metodologia Participativa de Extensão Rural para o Desenvolvimento Sustentável (MEXPAR) (RUAS, 2006), com objetivo de buscar o envolvimento das comunidades rurais no processo de tomada de decisões e no planejamento de ações voltadas para o desenvolvimento sustentável.

O planejamento e a execução dos trabalhos foram realizados a partir da organização da comunidade em parceria com instituições públicas e privadas mediante convênios, e acordos de cooperação técnica.

duração da precipitação (TUCCI, 2001).

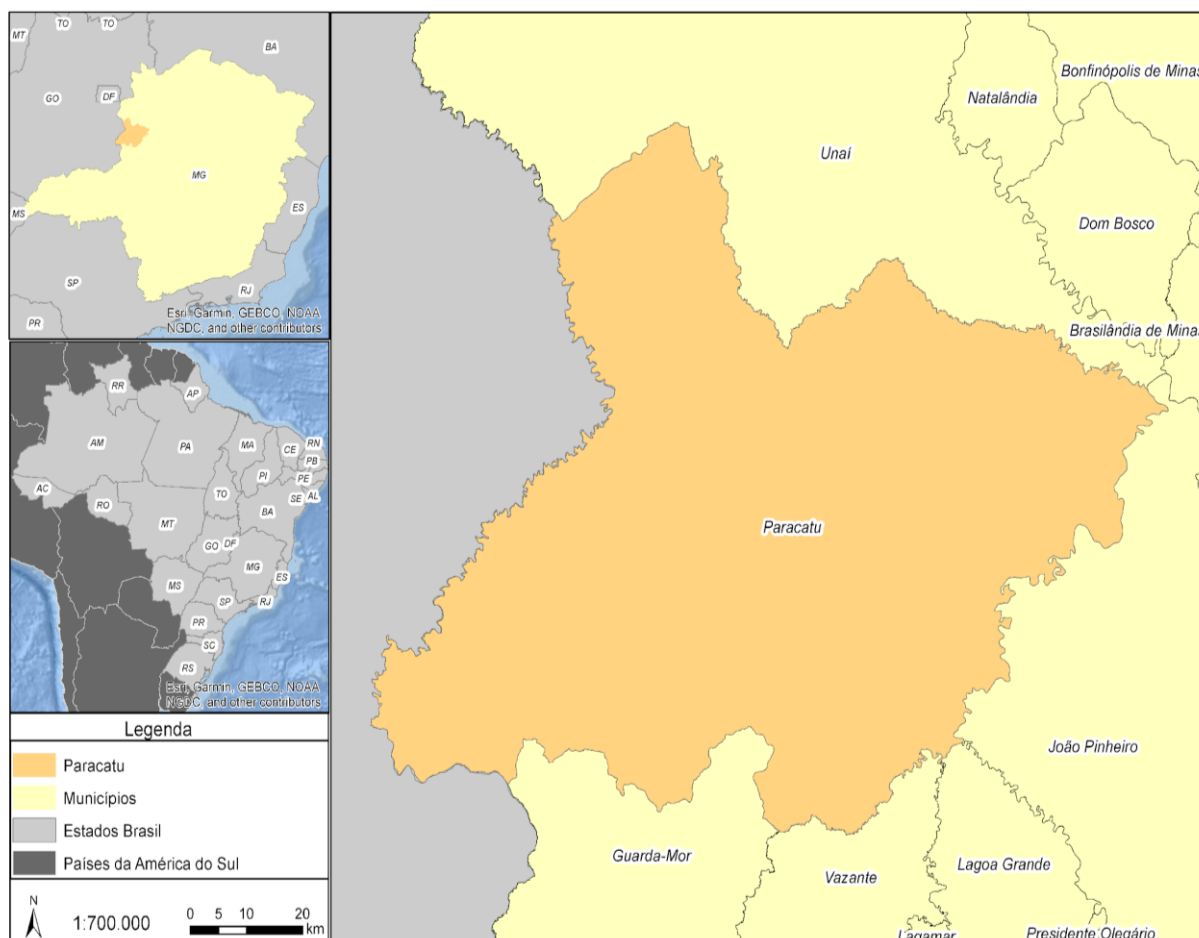
3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 Caracterização geral

O presente estudo foi desenvolvido na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Izabel, no município de Paracatu MG, sendo este o manancial responsável pelo abastecimento de água da cidade.

Localizado na mesorregião do Noroeste de Minas, Paracatu (Figura 1) é um município do estado de Minas Gerais, com uma população de 90.000 habitantes (IBGE, 2019).

Figura 1 - Localização do Município de Paracatu

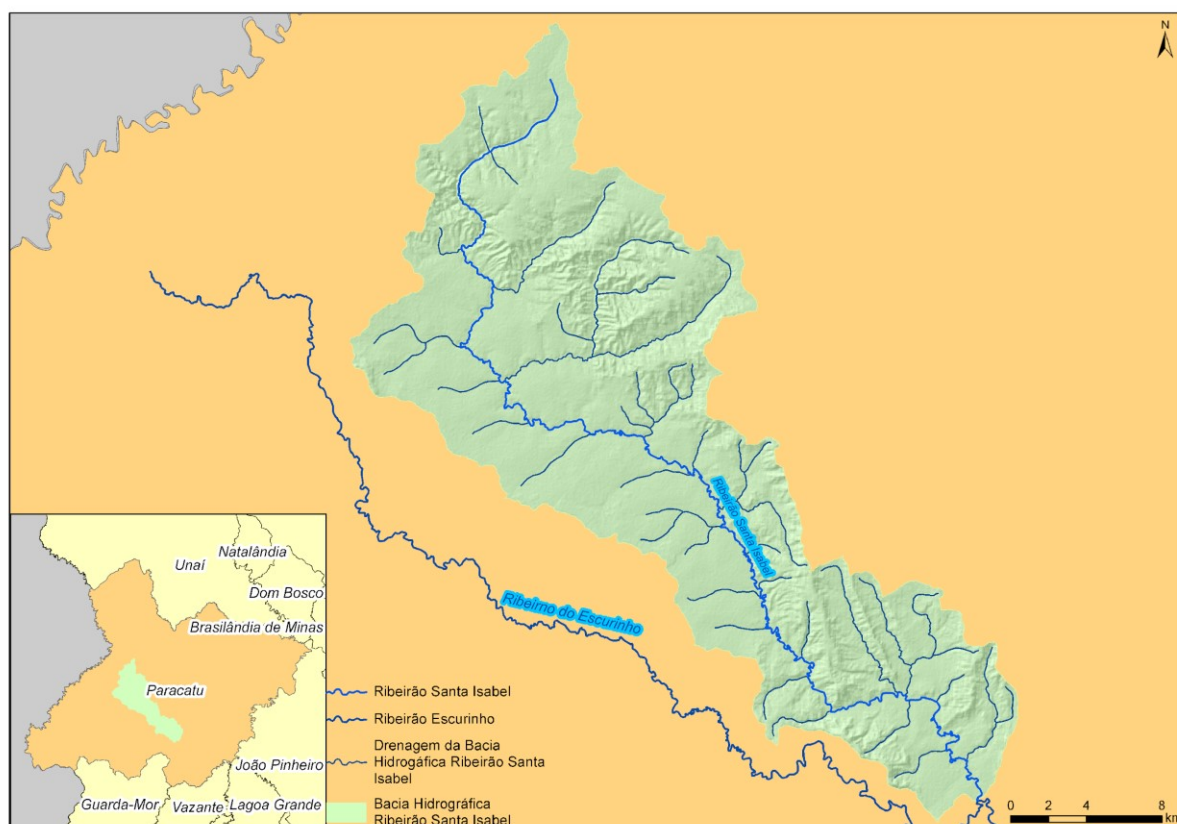


Fonte: O autor.

O Ribeirão Santa Izabel possui uma extensão de 44 km, com 275 km de subafuentes secundários, inseridos numa sub-bacia de 510 km² situados no espaço rural do município de Paracatu (MINAS GERAIS, 2020).

Fazem parte da sub-bacia do Ribeirão Santa Izabel, os seguintes afluentes: Córrego da Água Amarela, Córrego Barreiro, Córrego da Conceição, Córrego da Gruna, Córrego do Paiol, Córrego Muquém, Córrego Pai José, Sub-bacia Vereda das Orlas, Vereda do Elias e Vereda Engenho Velho (Figura 2).

Figura 2 - Representação gráfica da sub-bacia do ribeirão Santa Izabel, Paracatu, MG



Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

A sub-bacia do Ribeirão Santa Izabel é classificada como uma bacia de nível 6 (BRANT, 2018) de acordo com a ottocodificação⁴ de bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS, 2021b); e está inserida totalmente dentro município de Paracatu, da nascente à foz, e é o principal manancial hídrico para o abastecimento de água para a cidade de Paracatu, com uma estação de captação de água da Copasa, localizada a 12 km da sede municipal,

⁴ O método de codificação de bacias hidrográficas desenvolvido por Otto Pfafstetter foi instituído oficialmente para codificação das bacias brasileiras pela Resolução nº 30/2002 do CNRH. O processo definido por Pfafstetter é hierárquico e começa pelos maiores rios de uma determinada bacia, descendo em nível de detalhe a cada etapa, sucessivamente, até que se tenha codificado todos os trechos da rede hidrográfica (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2018).

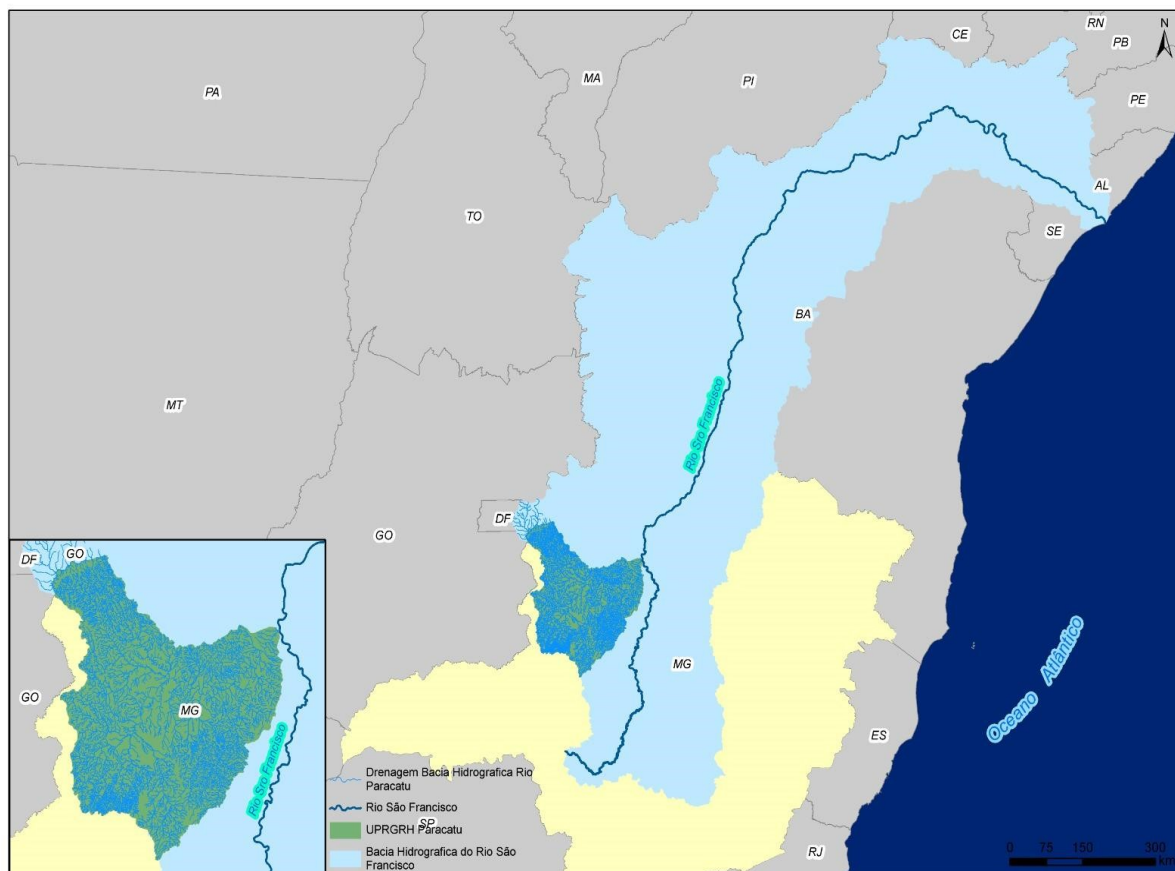
possuindo uma área total de aproximadamente 50 mil hectares (MINAS GERAIS, 2015).

A Divisão Hidrográfica Nacional, instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), estabelece as doze Regiões Hidrográficas brasileiras. São regiões hidrográficas: bacias, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas próximas, com características naturais, sociais e econômicas similares. Esse critério de divisão das regiões visa orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos em todo o país (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2018).

A sub bacia do ribeirão Santa Izabel, faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu, que é uma das mais importantes para a manutenção da perenidade do Rio São Francisco e a vazão média de longo período estimada na foz do rio Paracatu é de 499,3 m³/s, que representa 24,3% da contribuição do rio São Francisco no Estado de Minas Gerais (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS, 2010; PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS, 2006 apud INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS, 2021a).

A bacia hidrográfica do rio São Francisco corresponde a 8% do território nacional. Com uma extensão de 2.863 km e uma área de drenagem de mais de 639.219 km², estendendo de sua nascente em Minas Gerais, até o oceano Atlântico, onde deságua na divisa dos estados de Alagoas e de Sergipe. Essa área integra as regiões Nordeste e Sudeste do país, constituindo uma das 12 regiões hidrográficas brasileiras. A bacia foi dividida, para fins de planejamento, em quatro regiões fisiografias: Alto, Médio, Sub-médio e Baixo São Francisco. A unidade de planejamento do Alto São Francisco possui cerca de 40% da área da bacia hidrográfica, onde Minas gerais possui uma área expressiva cerca de 92,6% desta unidade, com 5,6% da Bahia, 1,2% de Goiás e 0,5% do Distrito Federal (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO, 2013) (Figura 3).

Figura 3 - Localização da Bacia do Rio Paracatu



Fonte: O autor.

A sub-bacia do Ribeirão Santa Izabel, por Decreto Estadual nº 29.587, de 8 de junho de 1989, está dentro de uma Área de Proteção Especial (APE), assim definida para que a captação d'água para o abastecimento humano seja garantida (MINAS GERAIS, 1989).

Segundo o IEF, o Parque Estadual de Paracatu, faz parte da Sub-bacia, com uma área superior a 6,4 mil hectares, e tem como principais objetivos preservar a biodiversidade regional e garantir a disponibilidade hídrica para a cidade de Paracatu. Esta Unidade de Conservação Integral (UCI), denominada Parque Estadual de Paracatu, foi criada em 22 de março de 2011 pelo Decreto Estadual nº 45.567 (INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS, 2011).

De acordo com levantamentos realizados pela Emater-MG, escritório local de Paracatu MG, foram identificadas seis comunidades rurais com cerca de 255 famílias, moradores da sub bacia e a maioria das famílias das comunidades tem suas rendas geradas a partir da pecuária bovina mista e produção agrícola de subsistência (mandioca, milho, arroz e cana de açúcar). Algumas famílias produzem hortaliças e

pequenos animais (frango caipira e ovos) para comercialização na feira livre aos sábados, na sede do município.

As atividades principais são: pecuária mista (carne e leite) de baixa produtividade; pequenas criações de aves e porcos; pequenas lavouras de subsistência de milho, mandioca, arroz e, cana para suplementação alimentar do rebanho bovino na época da seca. Nos quintais existem pequenos pomares e hortas para consumo familiar. Alguns produtores têm pequenas áreas reflorestadas com eucalipto. Para o plantio de lavouras anuais, usam sementes certificadas (variedades e híbridos) adquiridas no comércio da cidade e utilizam adubação química. A comunidade é servida de estradas municipais de terra, e que têm ligação com a Rodovia Estadual MG188. Existem duas escolas de ensino fundamental: uma na comunidade (de 1ª a 4ª séries) e outra a 20 km (5ª a 8ª) e que também oferece ensino médio (1º ao 3º ano), ambas municipais

A sub-bacia do Ribeirão Santa Izabel apresenta predominantemente vegetação típica de cerrado (campo cerrado) com formações florestais mais densas nas áreas úmidas (matas de galeria) e áreas de veredas. Há mata ciliar ao longo do Ribeirão Santa Izabel com alguns pontos de desmate (ação antrópica). A erosão dos solos (laminar e em sulcos) apresenta-se como a principal causa da degradação ambiental na região.

Atualmente, existe hoje uma vegetação secundária (capoeira) em vários pontos específicos e que também é usada como pastagem. De forma geral, permite-se o acesso de animais às áreas de preservação permanente o que é proibido por lei. Também foram identificadas as ocorrências de queimadas nas áreas de recarga (cabeceira) e assoreamento do leito das veredas, bem como falta d'água na época seca do ano (diminuição da vazão).

Todos os moradores/produtores utilizam de água provinda de vereda, que é uma área de afloramento do lençol freático, que desemboca no ribeirão Santa Izabel. A água é canalizada a céu aberto, por gravidade, por meio de "regos d'água" e seu uso é múltiplo nas propriedades (uso doméstico, dessedentação de animais, tanques de piscicultura etc.); cada canal é utilizado por vários proprietários e percorre centenas de metros, sem nenhum tratamento para o uso doméstico. A água é apenas filtrada e após servida ou é direcionada à uma fossa ou infiltra no quintal. A maioria das casas possui fossa para destinação dos dejetos. O lixo doméstico é jogado nos quintais e

queimado. Muitas propriedades têm energia elétrica que serve para a otimização da mão-de-obra familiar e/ou contratada para as diversas atividades.

As estradas de acesso às propriedades e mesmo a estrada principal da comunidade, estão em estado de conservação regular a precário, necessitando de reconstrução dos leitos e construção de desvios laterais para o escoamento das chuvas, pois a água invade as áreas produtivas causando prejuízos consideráveis, degradando cada vez mais o solo. É importante que se faça a recuperação e até mesmo mudança no traçado de alguns trechos. O transporte à cidade é realizado por ônibus de linha e veículos próprios.

Nas áreas produtivas de lavouras e pastagens foram observadas erosão laminar, compactação do solo, escoamento superficial, carreamento de insumos agrícolas para locais mais baixos da paisagem. Com relação às estradas vicinais, foi verificado o escoamento pluvial inadequado, com efeito erosivo nas áreas produtivas.

Com relação ao abastecimento de água, verifica-se o uso do mesmo canal d'água por várias famílias/propriedades, considerando as inúmeras atividades rurais.

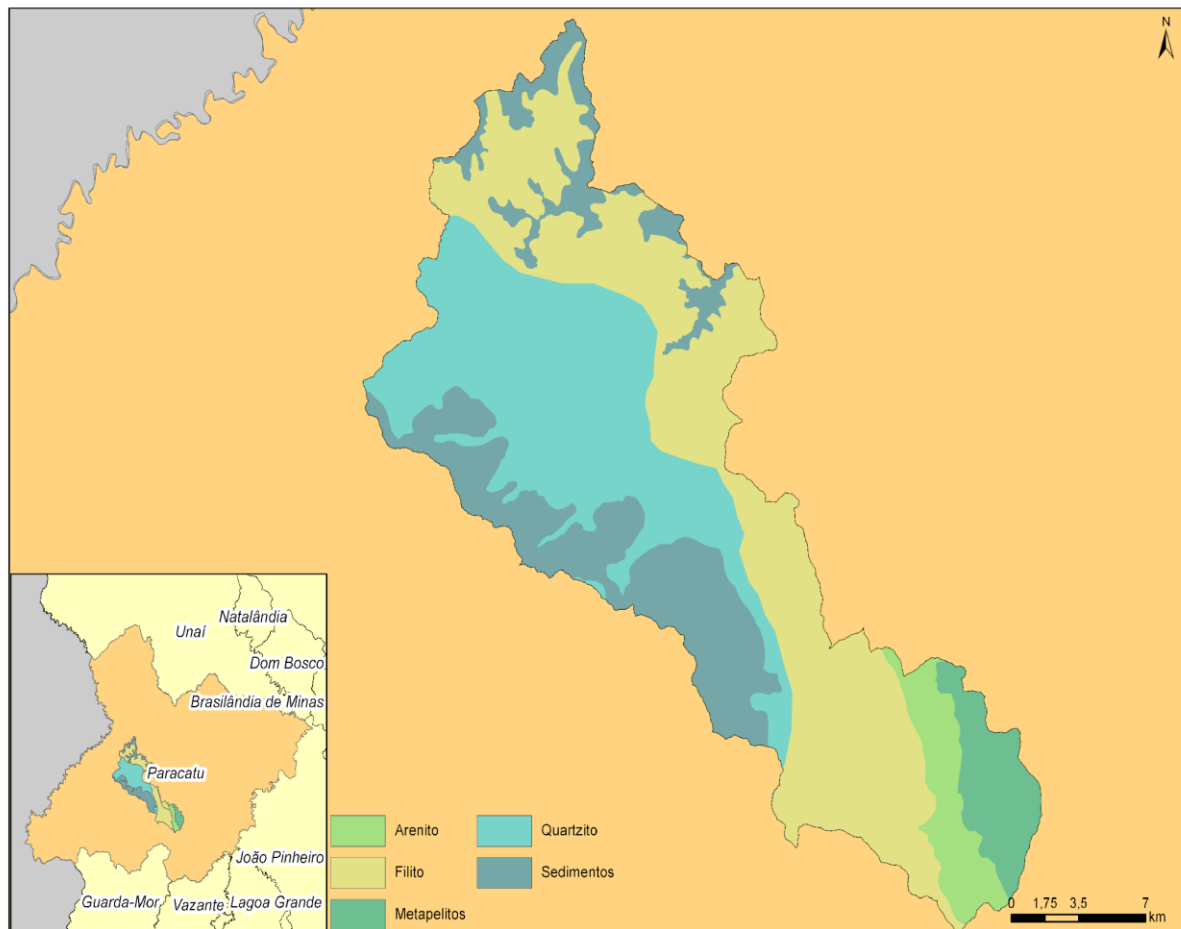
3.2 Clima

O clima predominante na sub-bacia, de acordo com Álvares et al. (2013), é classificado como Aw – clima tropical, com chuvas de verão e estação invernal pouco definida ou ausente e forte precipitação anual. Sua temperatura média de 23.1°C e sua pluviosidade média de 1305 mm/ano. O mês que representa a menor pluviosidade é junho, sendo o mês de dezembro o com maior precipitação, com uma média em torno de 211 mm.

3.3 Geologia

Segundo estudos de Hasui et al. (2012), geologicamente a área está localizada no Cinturão Brasília, mais especificamente na Faixa Brasília, na porção oeste das unidades dos Grupos Canastra e Vazante, onde se concentram rochas metassedimentares (Figura 4).

Figura 4 - Mapa das Classes Litológicas encontradas na sub-bacia do Ribeirão Santa Izabel



Fonte: O autor.

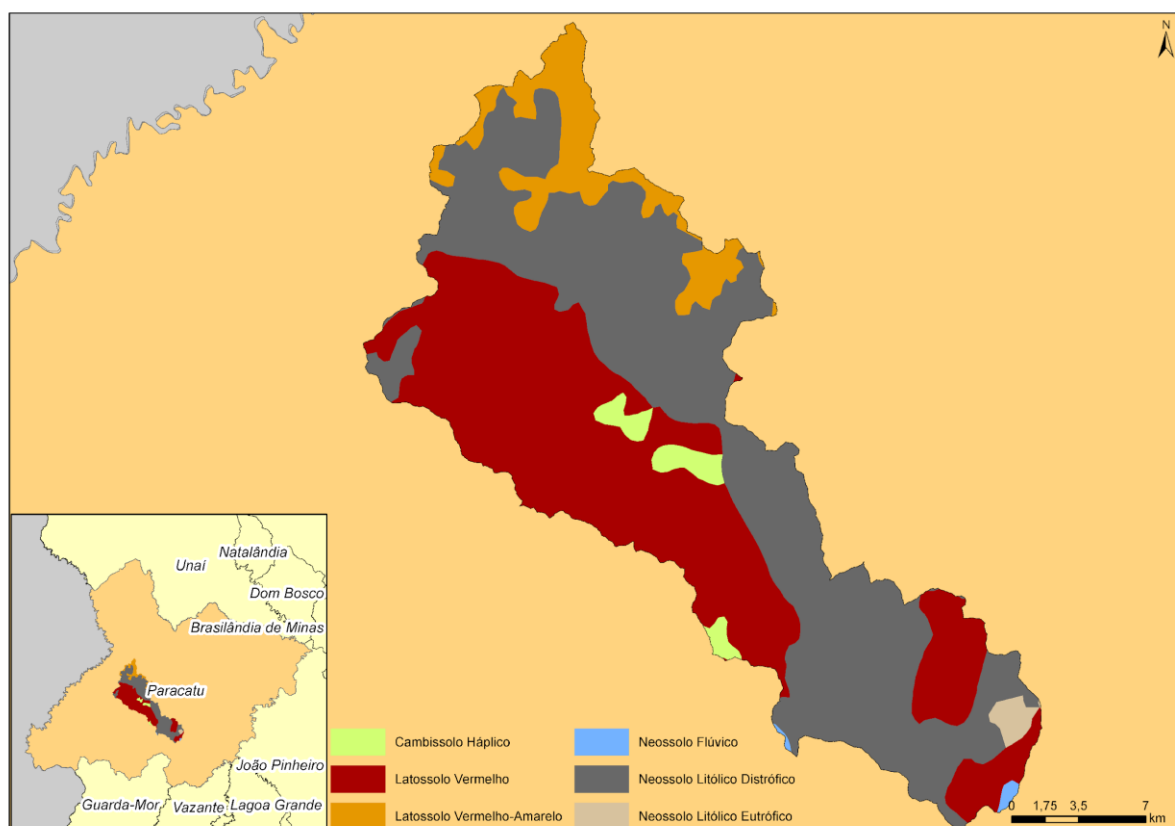
Ainda de acordo com Hasui et al. (2012), no grupo Canastra a sub-bacia do ribeirão Santa Isabel é constituída pelas Formações Paracatu e Chapada dos Pilões, compostas basicamente por quartzitos basais e filitos carbonosos. No grupo Vazante, a sub-bacia é composta pelas Formações Lapa e Serra do Poço Verde, representadas por dolomitos estromatolíticos, brechas intraformacionais, ardósias carbonosas, metassiltitos, arenitos conglomeráticos e quartzitos. A grande área de sedimentos clásticos e lateríticos ferruginosos não possui unidade específica, sendo caracterizada pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (2014) como cobertura superficial indiferenciada.

3.4 Solos

Os solos presentes na sub-bacia, conforme UFV et al. (2010), são representados

pelas classes dos Cambissolos Háplicos, Latossolos Vermelho, Latossolos Vermelho-Amarelos, Neossolos Flúvicos e Neossolos Litólicos. Destes, o Neossolo Litólico Distrófico, de maior ocorrência na área da sub-bacia, concentra-se a ocupação de pastagens e agricultura extensiva, enquanto nos Latossolos Vermelhos observa-se uma forte economia agropecuária intensiva, conforme Figura 5.

Figura 5 - Mapa de Classes de Solos da sub-bacia do Ribeirão Santa Isabel

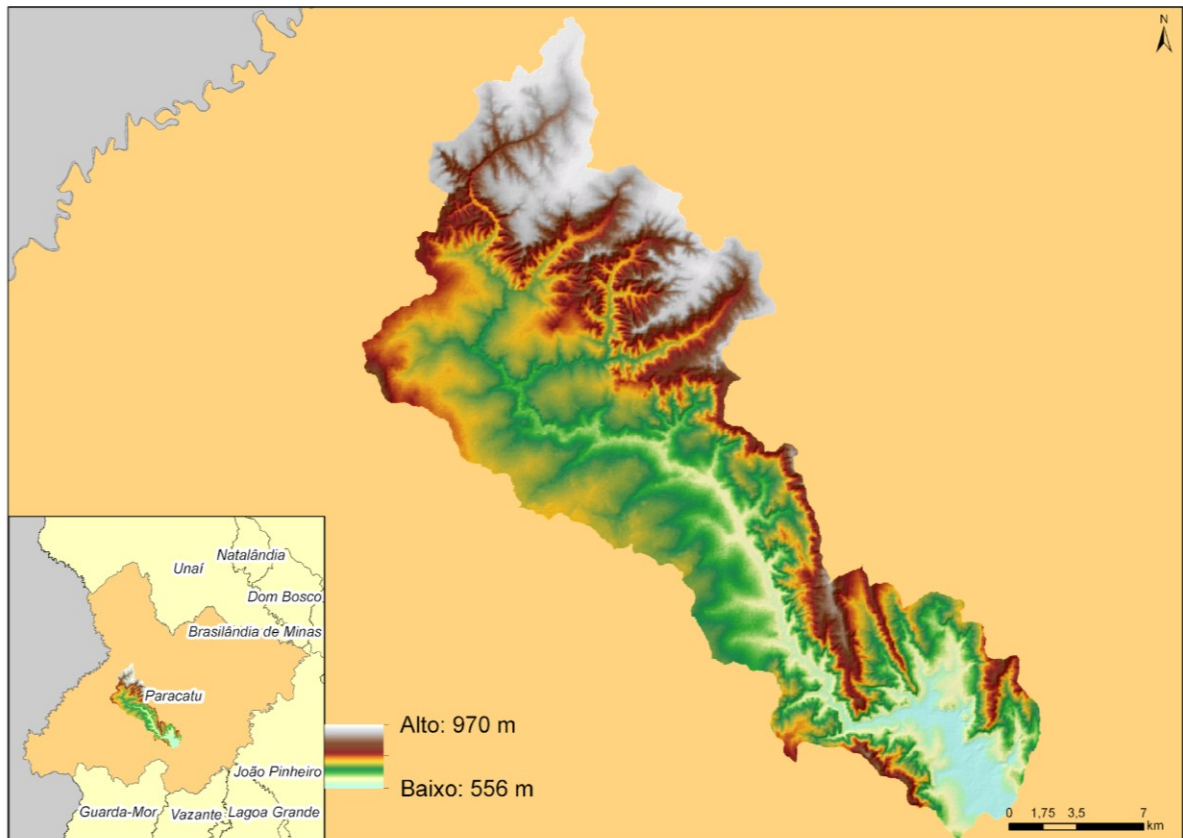


Fonte: O autor.

3.5 Geomorfologia

A sub-bacia do ribeirão Santa Isabel faz parte da Depressão São-Franciscana e apresenta um relevo moderadamente plano com algumas elevações, variando de 982 metros na cabeceira da sub-bacia, região oeste, até 543 metros na foz do ribeirão, região leste possui baixa variação de declividade na região oeste, concentrando valores entre de 0 a 8%, enquanto na região norte e leste há uma maior variação chegando acima de 45% de declividade (Figura 6).

Figura 6 - Mapa Hipsométrico da sub-bacia do Ribeirão Santa Isabel



Fonte: O autor.

4 METODOLOGIA

Esta dissertação caracteriza-se como uma pesquisa quali-quantitativa, de caráter exploratório e, para seu desenvolvimento, foi realizado levantamento bibliográfico abrangendo teses, dissertações, livros, sites oficiais das secretarias de agricultura e de meio ambiente municipais, SEAPA, SEMAD e de órgãos a ela vinculados, CODEVASF, ANA, Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), MMA, por meio do Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), ONU, Unesco, dentre outros. Foi realizado levantamento junto aos arquivos da Emater-MG, escritório Local de Paracatu-MG.

Após foram analisados os dados do Zoneamento Ambiental e Produtivo – ZAP da bacia elaborado por Fundação Alexander Brandt (2018) e aplicado o Potencial de Uso Conservacionista (PUC). Após interpretação, foram realizados trabalhos de campo, para a caracterização socioeconômica e ambiental da sub-bacia hidrográfica, e reuniões comunitárias para identificar os problemas ambientais, bem como foram discutidas as possíveis soluções para reverter o quadro de degradação ambiental constatado na referida sub-bacia. A partir destes levantamentos realizados foram identificadas as práticas mecânicas de conservação de solo e água necessária nas sub-bacia e selecionadas áreas prioritárias onde foram implementadas as ações de intervenções selecionadas.

4.1 Estudo da sub bacia utilizando o Zoneamento Ambiental Produtivo (ZAP)

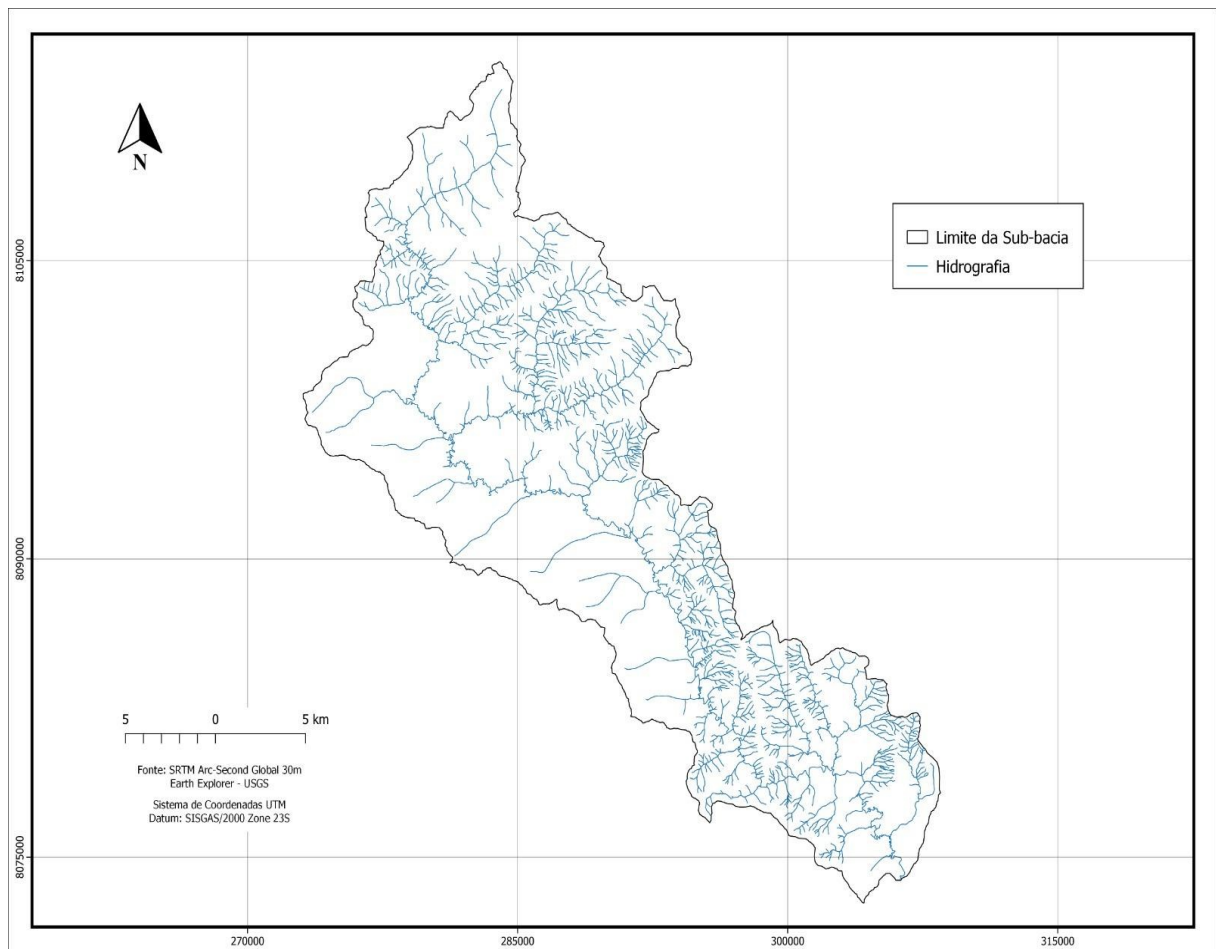
A aplicação do Zoneamento Ambiental Produtivo ZAP foi realizada por BRANT (2018) e ocorreu conforme descrito na 3ª edição, de 2020, da “Metodologia do Zoneamento Ambiental e Produtivo de sub-bacias hidrográficas”, em linhas gerais, o ZAP foi desenvolvido em quatro grandes etapas:

- a) Seleção da área de estudo,
- b) Definição das unidades de paisagem,
- c) Avaliação da pressão hídrica; e
- d) Levantamento do uso e ocupação da terra (MINAS GERAIS, 2020).

4.1.1 Etapa 1: Seleção da área de estudo

Inicialmente foi delimitada a bacia Ribeirão Santa Izabel que apresenta área de 51.000 ha. Assim, foi feito o recorte de sua rede de hidrografia e realizadas as correções necessárias (Figura 7). Para tal utilizou-se software QGIS 3.0 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2018).

Figura 7 - Mapa da hidrografia da sub bacia hidrográfica



Fonte: O autor.

4.1.2 Etapa 2: Definição das unidades de paisagem

A etapa 2 consistiu na definição das Unidades de Paisagem (UPs), conforme preconizado por Fernandes (2010) e seguiu os seguintes passos:

- Elaboração, em escritório, de mapas preliminares de distribuição das UPs na sub-bacia hidrográfica utilizando imagem de satélite recente;
- Correlações, em campo, das Unidades de Paisagens definidas na imagem,

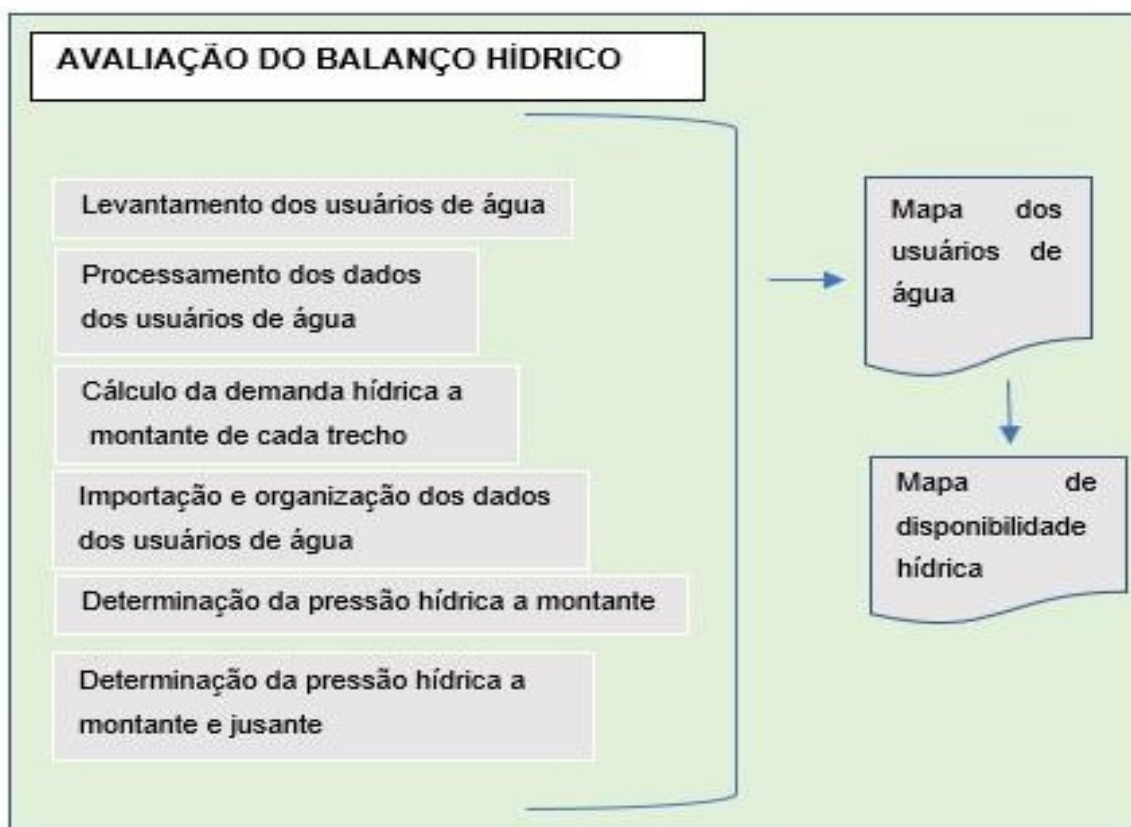
- com os materiais geológicos e pedológicos;
- Registro fotográfico e georreferenciamento das Unidades de Paisagem em campo.
- Delimitação da distribuição espacial das Unidades de Paisagem dentro do perímetro da sub-bacia do Ribeirão Santa Isabel;
- Identificação, para cada Unidade de Paisagem, das potencialidades, limitações, fragilidades e aptidões para fins múltiplos, conforme proposto na metodologia.

4.1.3 Etapa 3 - Avaliação do balanço hídrico

A terceira etapa consistiu da avaliação da demanda hídrica da bacia, que corresponde à relação entre a demanda hídrica total a montante do trecho pela vazão de referência (Q7,10)⁵ deste trecho e considerando o nível mais restritivo a jusante (s, SEMAD, 2016). A avaliação foi realizada conforme proposto na metodologia ZAP, exemplificada na Figura 8, com levantamento de usuários de água, processamento dos dados de usuários, cálculos da demanda hídrica e avaliação da pressão hídrica na bacia.

⁵ Vazão Q7,10, que é a vazão mínima de 7 dias de duração e 10 anos de tempo de recorrência (com um risco de 10% ocorrer valores menores ou iguais a este em qualquer ano).

Figura 8 - Croqui com a sequência da etapa 3



Fonte: O autor.

A pressão hídrica será avaliada considerando as captações de água existentes, por meio de Outorgas e/ou Cadastros de usos insignificantes concedidos pelo IGAM, bem como as vazões $Q_{7,10}$ de referência previamente indicadas na base de hidrografia (regionalização de vazão) e limites de ottobacias disponíveis na plataforma da IDE-Sisema.

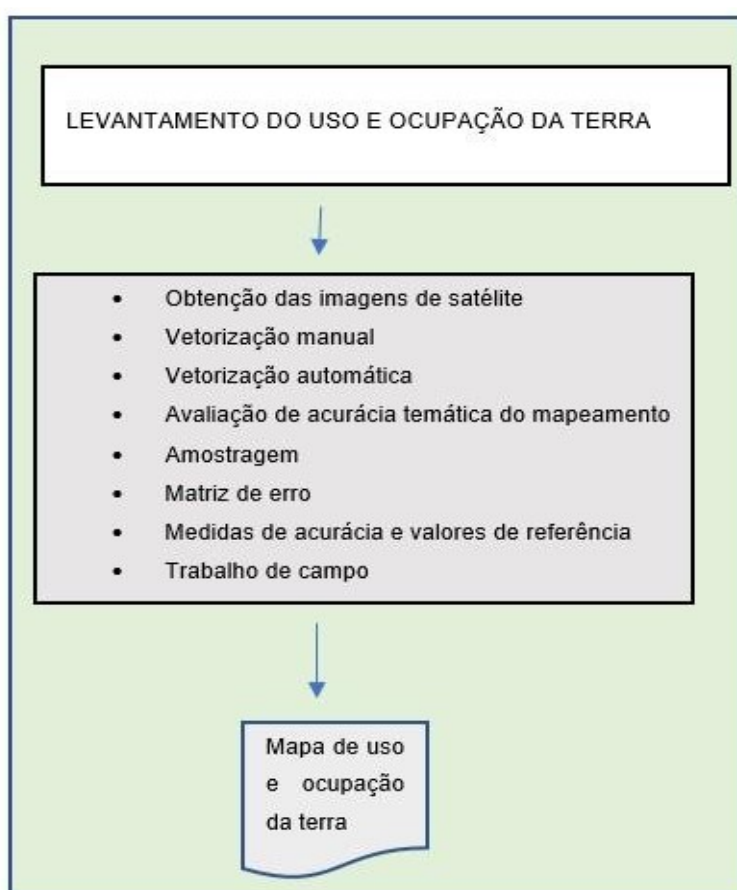
Os seguintes níveis de pressão deverão ser utilizados:

- a) Pressão de nível 1 => demanda menor que 30% da $Q_{7,10}$ ($< 30\% Q_{7,10}$);
- b) Pressão de nível 2 => demanda acima ou igual a 30% e inferior a 50% da $Q_{7,10}$ ($30 \geq Q_{7,10} < 50\%$);
- c) Pressão de nível 3 => demanda acima ou igual a 50% e inferior a 100% da $Q_{7,10}$ ($50 \geq Q_{7,10} < 100\%$); e
- d) Pressão de nível 4 => demanda acima ou igual a 100% da $Q_{7,10}$ ($\geq 100\% Q_{7,10}$).

4.1.4 Etapa 4: Levantamento do uso e ocupação da terra

A etapa 4 do ZAP consiste no levantamento do uso e ocupação da terra que permite identificar o atual cenário da sub-bacia hidrográfica em estudo. Para tal são realizados os procedimentos constantes da Figura 9.

Figura 9 - Procedimentos para elaboração do levantamento de uso e ocupação



Fonte: O autor.

4.2 Potencial de Uso Conservacionista (PUC)

O PUC é um método que avalia o potencial natural das áreas quanto ao uso agropecuário, recarga hídrica e resistência a processo erosivo, sendo, portanto, de grande importância para o planejamento e gestão ambiental da região.

A sua interpretação permite identificar áreas prioritárias para conservação e preservação dos recursos naturais da região.

O método PUC foi aplicado sequencialmente, obedecendo as etapas de: a) pré-processamento das bases cartográficas; b) atribuição de pesos às variáveis ambientais (declividade, solos e litologias); c) execução da álgebra de mapas e definição das classes de PUC (COSTA et al., 2017, 2019b). Para tal foram utilizadas as bases de dados constantes na Tabela 1.

Tabela 1 - Bases de dados espaciais utilizadas na aplicação do método PUC, mar. 2019

Bases	Escalas numéricas	Fontes
Solos	1: 650.000	Universidade Federal de Viçosa, Universidade Federal de Lavras e Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (2010)
Geologia	1:1000.000	Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (2014)
Declividade	1:1000.000	United States Geological Survey (2022)

Fonte: O autor.

Após os dados o ZAP e PUC, foram analisados para a bacia de forma a subsidiar a seleção e a implementação de práticas de manejo e conservação do solo e água na sub-bacia do Ribeirão Santa Isabel.

Paralelamente foram realizadas reuniões com as comunidades rurais socializando as informações acerca do projeto e permitindo o envolvimento ativo da comunidade. Para tal foi utilizada a MEXPAR (RUAS, 2006). Estas ações permitiram entender as proposições para a implementação das metas e ações planejadas no Programa de Revitalização de Bacias.

Foi realizado um mapeamento colaborativo, a partir dos mapas gerados nas metodologias ZAP e PUC, com a identificação de áreas degradadas, recursos hídricos, áreas de preservação permanente.

Após foram criadas estratégias para o cadastramento das propriedades que seriam priorizadas para receberem as práticas de manejo e conservação do solo e água selecionados.

Os resultados do ZAP e PUC foram apresentados em forma de Figuras e/ou tabelas e discutidos quanto a seu impacto na adequação da bacia. São também apresentadas nos resultados imagens das reuniões com a comunidade e da implementação das práticas mecânicas propostas para a sub-bacia do Ribeirão Santa Isabel.

5 RESULTADOS

5.1 Caracterização da sub-bacia

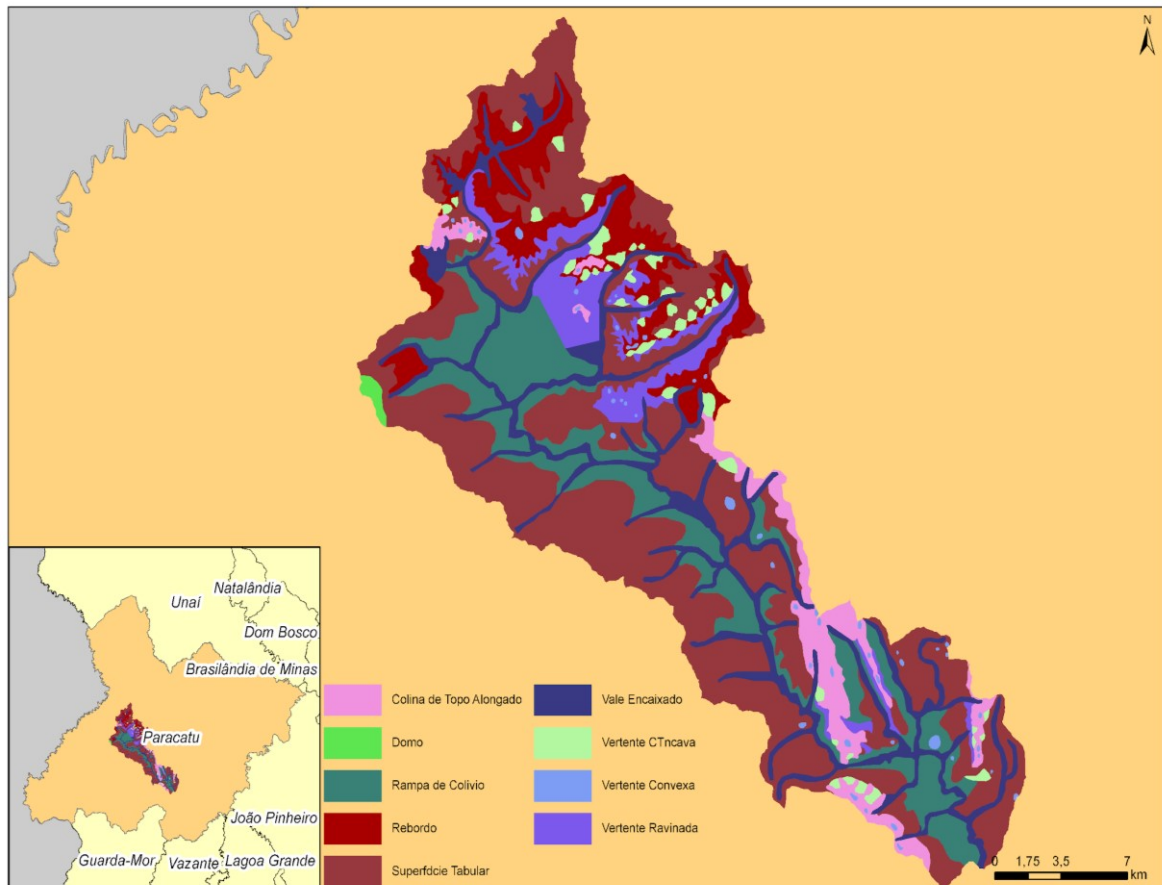
A sub-bacia do Ribeirão Santa Izabel, está localizada no Município de Paracatu, MG, entre as coordenadas 17°13'50.73" 47°02'36.73". A área da bacia é de 510,96 km², sendo considerada uma bacia média. O rio principal tem comprimento de 44.629 metros e os secundários de 275.800 metros. O perímetro da bacia é de 145.380 metros.

5.2 Mapas realizados com a aplicação do ZAP

5.2.1 Unidades de paisagem

A Figura 10 mostra a distribuição das unidades de paisagem na bacia onde foram identificadas Superfície Tabular, Colina de Topo alongado, Rampa de Colúvio, Vale encaixado, Rebordo, Vertente ravinada, Vertente Concava, Vertente Convexa e Domo.

Figura 10 - Mapa final das Paisagem da sub-bacia do Ribeirão Santa Isa



Fonte: O autor.

As Superfícies Tabulares são áreas com declividades inferiores a 3%, são consideradas áreas mais planas onde os solos predominantes, conforme Fernandes et al. (2013) são os Latossolos. São profundos com expressivos horizontes B e permeáveis constituindo as áreas de recarga de aquíferos. Nestas condições apresentam facilidade de operações mecanizadas e se adequam à agricultura tecnificada.

Figura 11 - Unidade de paisagem - Superfície Tabular



Fonte: O autor.

Nas Colinas de Topo Alongado há predominância de relevo plano e suave ondulado que favorecem a infiltração das águas pluviais constituindo, portanto, áreas de recarga em especial de aquíferos freáticos. Caso ocorram solos de elevados teores de argilas, podem ser compactados por trânsitos de veículos e máquinas agrícolas limitando a função de recarga de aquíferos (Figura 12).

Figura 12 - Unidade de paisagem - Colina de Topo Alongado



Fonte: O autor.

Nas rampas de colúvio o comprimento das rampas e a uniformidade do relevo favorecem a instalação de processos erosivos laminares. Para minimização destes, deve ser implantada uma gestão de controle de erosão através de sistemas terraceamento, faixas vegetativas e plantio em nível (Figura 10).

Figura 13 - Unidade de paisagem - Rampa de Colúvio



Fonte: O autor

O Vale encaixado apresenta talvegue retilíneo podendo abrigar pequenos cursos d'água perenes, temporários ou efêmeros. O fundo do vale não apresenta planície fluvial limitando o uso/ocupação. Devem ser mantidos sob vegetação nativa (Figura 14).

Figura 14 - Unidade de paisagem - Rebordo



Fonte: O autor.

O Rebordo, por sua vez, é caracterizado por vertentes ravinadas íngremes, com predominância de Neossolos litólicos. Devido à sua fragilidade são áreas de preservação permanente (Figura 15).

Figura 15 - Unidade de paisagem de Rebordo



Fonte: O autor.

As Vertentes ravinadas são constituídas por uma sequência de ravinas apresentando solos pouco desenvolvidos (Cambissolos e Neossolos litólicos). Devido a sua maior fragilidade apresentam elevada instabilidade mecânica e devem ser mantidos com vegetação natural. Podem apresentar veredas de encostas em pontos com surgências de aquíferos (Figura 16).

Figura 16 - Unidade de paisagem - Vertente Ravinada



Fonte: O autor.

As Vertentes côncavas apresentam concavidade aberta onde ocorre concentração de águas pluviais, permitindo o desenvolvimento de vegetação perenifólia. Podem ocorrer Argissolos de média fertilidade natural. Portanto podem ser utilizados com capineiras e pastagens, desde que manejados corretamente (Figura 17).

Figura 17 - Unidade de paisagem - Vertente Côncava



Fonte: O autor.

A unidade Domo caracteriza-se como elevações alicerçadas por uma estrutura rochosa, no presente caso, gnaisse. A superfície plana desta estrutura permite a colonização vegetal sobre Neossolo Litólico (Figura 18).

Figura 18 - Unidade de paisagem - Domo

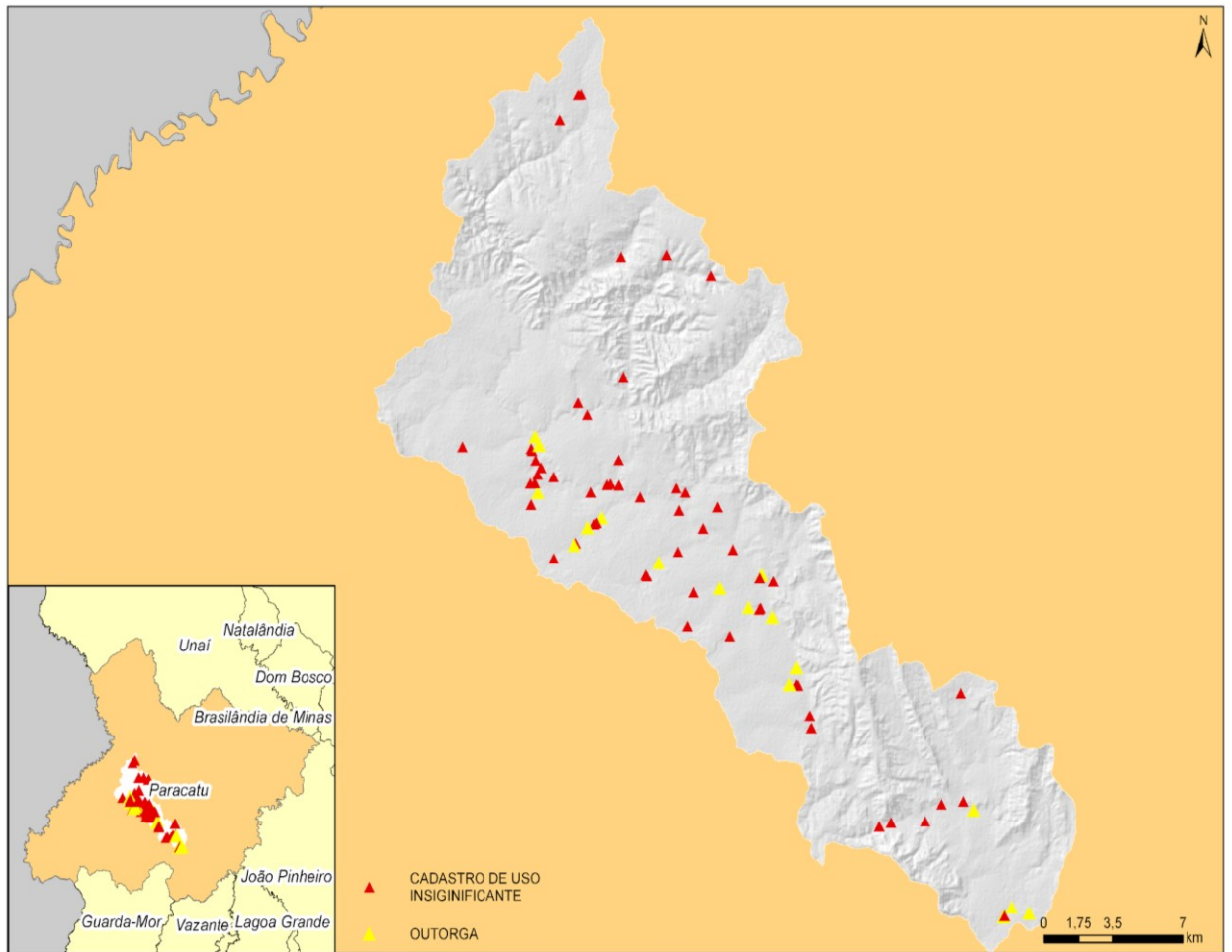


Fonte: O autor.

De acordo com os estudos do ZAP, no diagnóstico realizado para a Disponibilidade Hídrica, foram identificados 57 processos de cadastro de uso insignificante e 17 processos de outorga, totalizando 74 usuários de água com processos vigentes na sub-bacia.

Os usuários de outorga têm como finalidade de uso principal da água a irrigação, enquanto os de uso insignificante se concentram na atividade da água para consumo humano e alguns outros para dessedentação de animais. A maior concentração de uso da água se dá na porção média da sub-bacia onde se encontram as maiores áreas de cultura e irrigação (Figura 19).

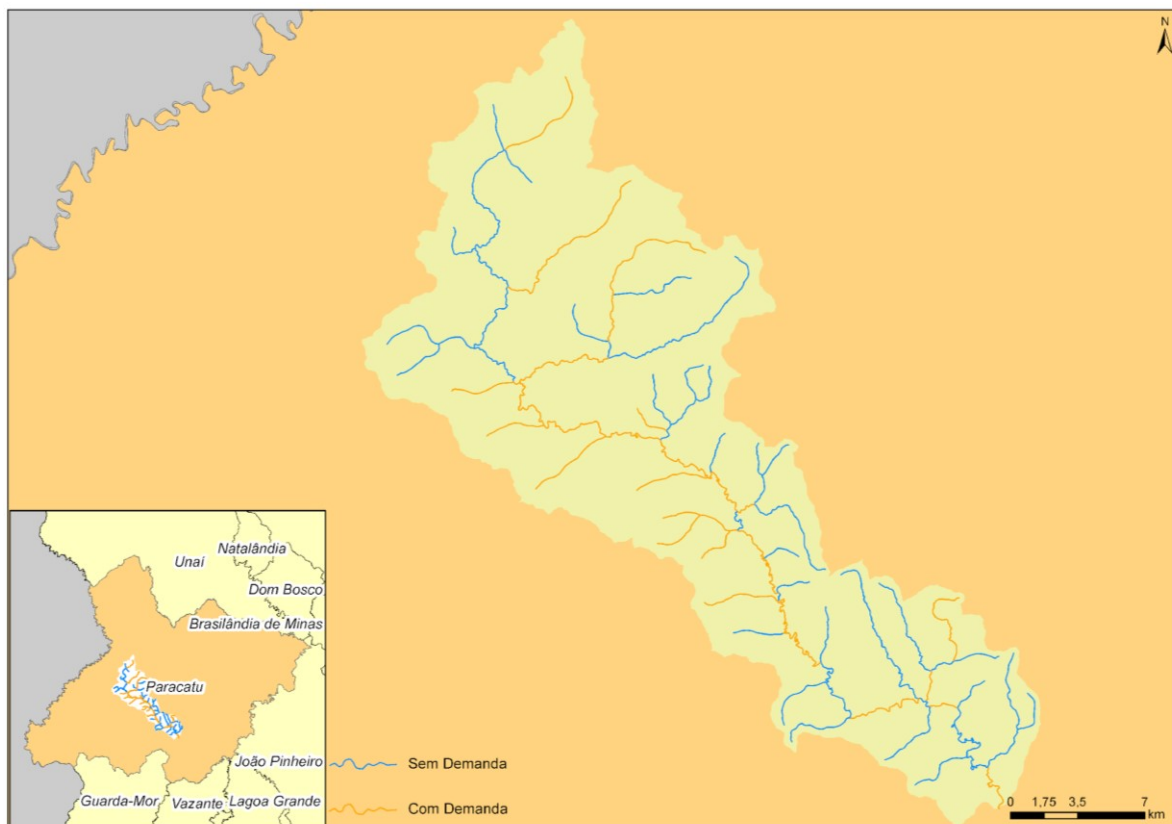
Figura 19 - Usuários de água na bacia do ribeirão Santa Isabel, Paracatu, MG



Fonte: O autor.

Dos 83 trechos mapeados pelo IGAM, 33 deles possuem usuários com demanda (cerca de 40% da totalidade dos trechos), como mostrado na Figura 20.

Figura 20 - Mapa de disponibilidade hídrica na bacia do Ribeirão Santa Isabel



Fonte: O autor.

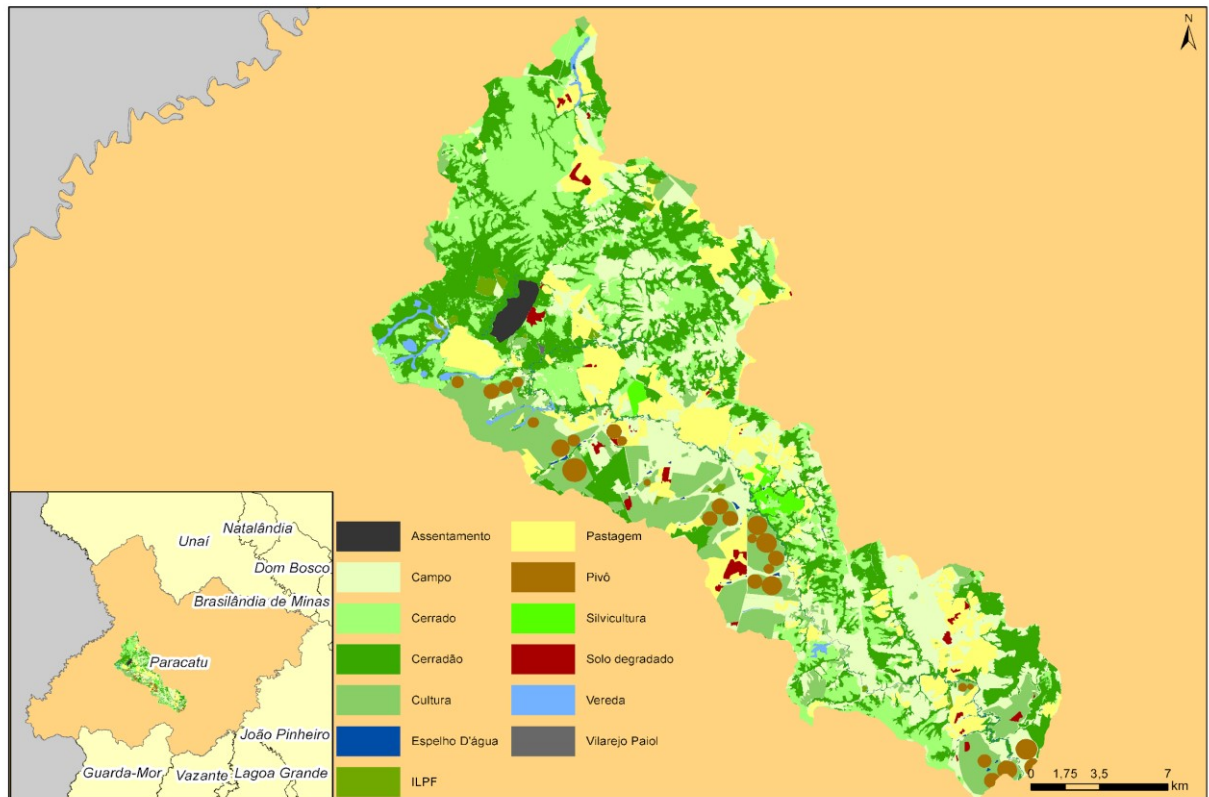
Na Figura 20, observa-se que ocorrem os trechos da bacia (coloração laranja) com demanda hídrica e trechos (coloração azul) sem demanda.

De acordo com as informações do ZAP foi possível verificar que o uso da água está concentrado porção média da sub bacia, onde estão as áreas antropizadas e muitas demandas de ações de conservação de solo e água.

Na Figura 21 observa-se o uso e ocupação das terras na bacia e que a classe de maior relevância é a de pastagem.

Nos levantamentos de campo, constatou-se diversas áreas com pastagens degradadas especialmente em áreas com declividade acentuada, e nas propriedades que necessitavam, foram marcadas as curvas de nível para fazer o terraceamento.

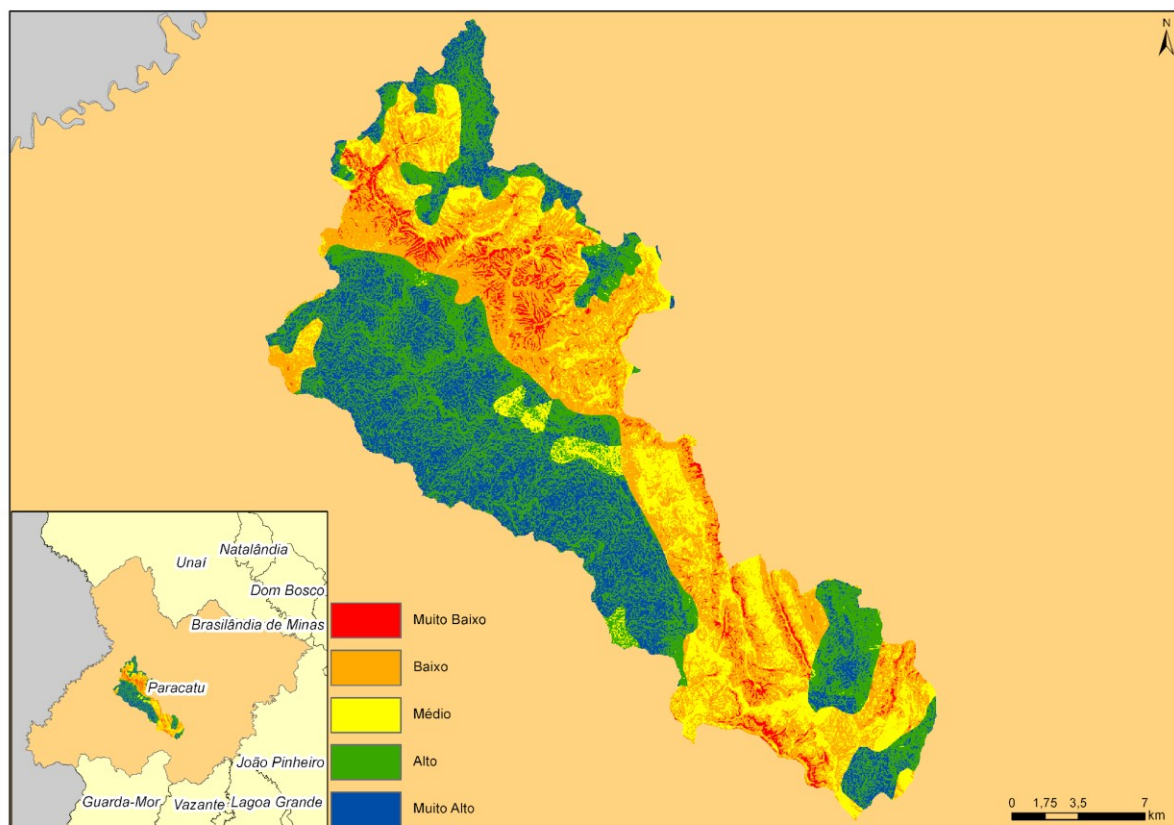
Figura 21 - Mapa de uso e ocupação das terras na sub-bacia do Ribeirão Santa Izabel - Paracatu- MG



Fonte: O autor.

A Figura 22 apresenta o mapa do Potencial de Uso Conservacionista para a sub-bacia do ribeirão Santa Izabel.

Figura 22 - Mapa do potencial de uso conservacionista



Fonte: O autor.

A análise do Potencial de Uso conservacionista para a bacia – PUC da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Izabel, mostra que a maior parte da bacia está contida em áreas com PUC médio e alto (68,7 %) (Tabela 2).

Tabela 2 - Classes de PUC e suas respectivas áreas para a bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Izabel

Classes PUC	Áreas (ha)	Percentual
Muito baixo	61,62	0,000124
baixo	1.657.755,64	3,339287
Médio	20.051.158,70	40,38989
Alto	14.106.593,26	28,415502
Muito Alto	13.828.435,34	27,85197
Total	49.644.004,56	0,000124

Fonte: O autor.

As áreas de PUC Alto e Muito Alto são compostas por solos profundos, intemperizados em relevo plano a suave ondulado. São áreas preferenciais para recarga hídrica, uso agropecuário e de maior resistência a processos erosivos. Por serem as melhores áreas em termos de uso é importante um planejamento adequado da bacia de forma a elaboração de um plano de gestão do território que garanta ao mesmo tempo a manutenção de serviços de econômicos, como as atividades produtivas, como também os serviços ambientais como a recarga hídrica. Importante destacar que manejos conservacionistas são fundamentais para o desenvolvimento agropecuário sustentável e devem ser priorizados.

As áreas de PUC Médio são áreas com fragilidade intermediária. As práticas de manejo e conservação do solo e água são fundamentais para utilização adequada destas áreas, visto que estão localizadas em relevo mais declivoso e com presença de solos mais frágeis, como Argissolos.

Já nas áreas de PUC Baixo e Muito Baixo predominam solos rasos, com menor profundidade efetiva como os Cambissolos e Neossolos Litólicos. A menor estabilidade natural destes solos associada a áreas de maior instabilidade geotécnica, normalmente localizados em relevo mais declivosos, limita o uso destas áreas, que na maioria devem ser direcionados para Áreas de Preservação Permanente. São áreas onde a infiltração de água é reduzida e há o predomínio do escoamento superficial, assim a manutenção de cobertura vegetal natural é o mais indicado. Conforme Mucida et al. (2022), o método PUC fornece informações importantes no que se refere aos fatores relacionados à conservação do solo e a produção de água sendo uma importante ferramenta para indicação de áreas potenciais para novas atividades econômicas, sobretudo com vocações agrícolas.

Aquino et al. (2020) destacam que as informações obtidas a partir da aplicação do método de zoneamento do PUC se mostraram extremamente valiosas como subsídio às ações que precisam ser tomadas para uma melhor adequação do uso do solo na bacia do rio dos Sinos. Segundo os autores o método se destaca de forma inovadora no que diz respeito aos métodos de gestão territorial em bacias hidrográficas.

Os resultados apresentados nas metodologias ZAP e PUC auxiliaram no planejamento das práticas necessárias para adequação da bacia. Assim foram identificadas as áreas antropizadas, de pastagens degradadas, áreas com erosão e

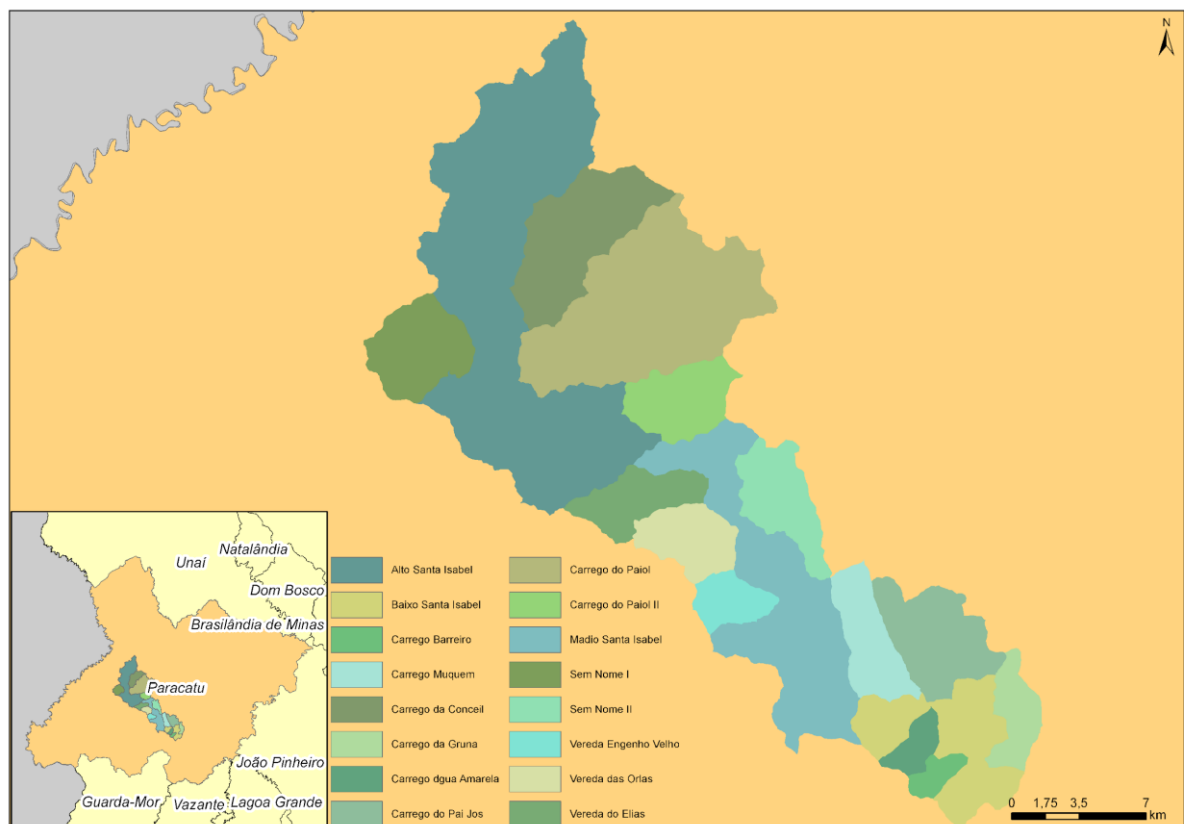
de recarga e, posteriormente indicadas as práticas mecânicas de conservação de solo e água necessárias.

A análise dos dados dos mapeamentos realizados identificou-se que, para além da sub-bacia do ribeirão Santa Isabel, práticas de manejo seriam necessárias em outros trechos da bacia, com impacto no abastecimento humano da população de Paracatu, através da concessionária de água do município.

A análise do ZAP permitiu estabelecer algumas possibilidades de ações de revitalização para mitigar os impactos ambientais na sub-bacia.

Assim, foram identificadas as Microbacias com necessidade de intervenções de práticas de manejo e conservação do solo e água e estas estão localizadas nos trechos médios e baixos Ribeirão Santa Isabel, das sub-bacia dos Córregos da Gruna, Pai José; Muquém, Sem Nome I, Sem Nome II, Barreiro, Água Amarela; das veredas: Engenho Velho e Vereda das Orlas (Figura 23).

Figura 23 - Mapa da divisão das microbacias da sub-bacia do ribeirão Santa Isabel



Fonte: O autor.

Os dados foram apresentados e discutidos com os atores locais. Os moradores da sub-bacia foram informados também que, antes das implementações das obras,

as propriedades seriam visitadas pelos técnicos, e os produtores que forem aderir ao projeto deveriam assinar um termo de concordância para execução das obras e serviços de conservação de solo e água.

Foram realizadas reuniões com os representantes das associações Soares, Nolasco e Contagem, juntamente com os Extensionistas da Emater-MG para iniciar o cadastro dos participantes (Figuras 24-26).

Figura 24 - Reunião com a comunidade Nolasco



Foto: O autor.

Figura 25 - Reunião com a Comunidade Contagem



Foto: O autor.

Figura 26 - Reunião com a Comunidade Soares



Fonte: O autor.

Considerando que os serviços seriam realizados em parcerias com os diversos atores envolvidos, foi realizado uma reunião junto a lideranças municipais para a socialização do projeto em questão, onde foi apresentado o quantitativo e valores que seriam investidos na sub-bacia (Figura 27).

Figura 27 - Reunião com lideranças municipais do município de Paracatu



Fonte: O autor.

Resolvidas as questões administrativas, em julho de 2019 houve a liberação de recursos para contratação, através de edital público de uma empresa de engenharia com os maquinários apropriados – motoniveladora, pás carregadeiras,

caminhões e demais máquinas e equipamentos – para realização das obras de revitalização da sub-bacia.

Foram contratados, através de edital público, serviços para a construção de 800 bacias de captação de água e 100 km de terraços que foram realizados por uma Empresa de engenharia contratada (Figura 28).

Figura 28 - Pátio de máquinas da empresa de engenharia contratada



Fonte: O autor.

As visitas de campo com levantamentos in loco, utilizando as informações dos mapas, foram fundamentais para a identificação e georreferenciamento das áreas onde seriam realizadas as intervenções.

Foram realizadas reuniões com a comunidade da sub-bacia onde foram apresentadas as práticas mecânicas: - construção de terraços, bacias de captação de água de enxurradas, que seriam disponibilizadas pelo Programa de Revitalização de bacias conforme previsto no edital do Programa de Revitalização de Sub-bacias Hidrográficas do Rio São Francisco.

Para estabelecer as áreas prioritárias para receberem ações de revitalização com as práticas mecânicas de conservação de solo, foi considerado inicialmente a

importância da água para abastecimento humano, e, portanto, foi observado a localização do ponto de captação de água da Copasa, sendo priorizadas 5 micro-bacias a montante do ponto de captação de água no município.

A sub-bacia do Ribeirão Santa Isabel se caracteriza por ser uma bacia com múltiplas atividades econômicas em sua área. Destaca-se a agropecuária de médio e grande porte nas áreas de chapada, e pequena produção nas áreas de vales e dentre as atividades de agricultura observa-se a agricultura irrigada com 1360 ha e uma concentração de usuários de água nas áreas de maior de demanda de água.

Desta forma foram priorizadas as sub-bacias Alto Ribeirão Santa Isabel, Córrego da Conceição, Córrego do Paiol, Córrego do Paiol II, e a vereda Elias pela sua proximidade.

Na identificação das áreas para receberem as ações, foi verificado o índice de antropização de áreas de preservação permanente, o índice de concentração de nascentes que avalia a quantidade de nascentes pontuais existentes em uma determinada área e o índice de pastagens suscetíveis à erosão que avalia o nível de fragilidade das áreas de pastagens em unidades de paisagem sensíveis à erosão.

Para locação dos pontos de intervenções, com terraços e bacias de captação de água pluviais foram observadas as áreas de pastagens degradadas, áreas com atividades produtivas que apresentavam problemas com erosões, áreas com potencial de erosão com concentração de água, áreas de recarga, margens de estradas com saídas de água que carreavam enxurradas.

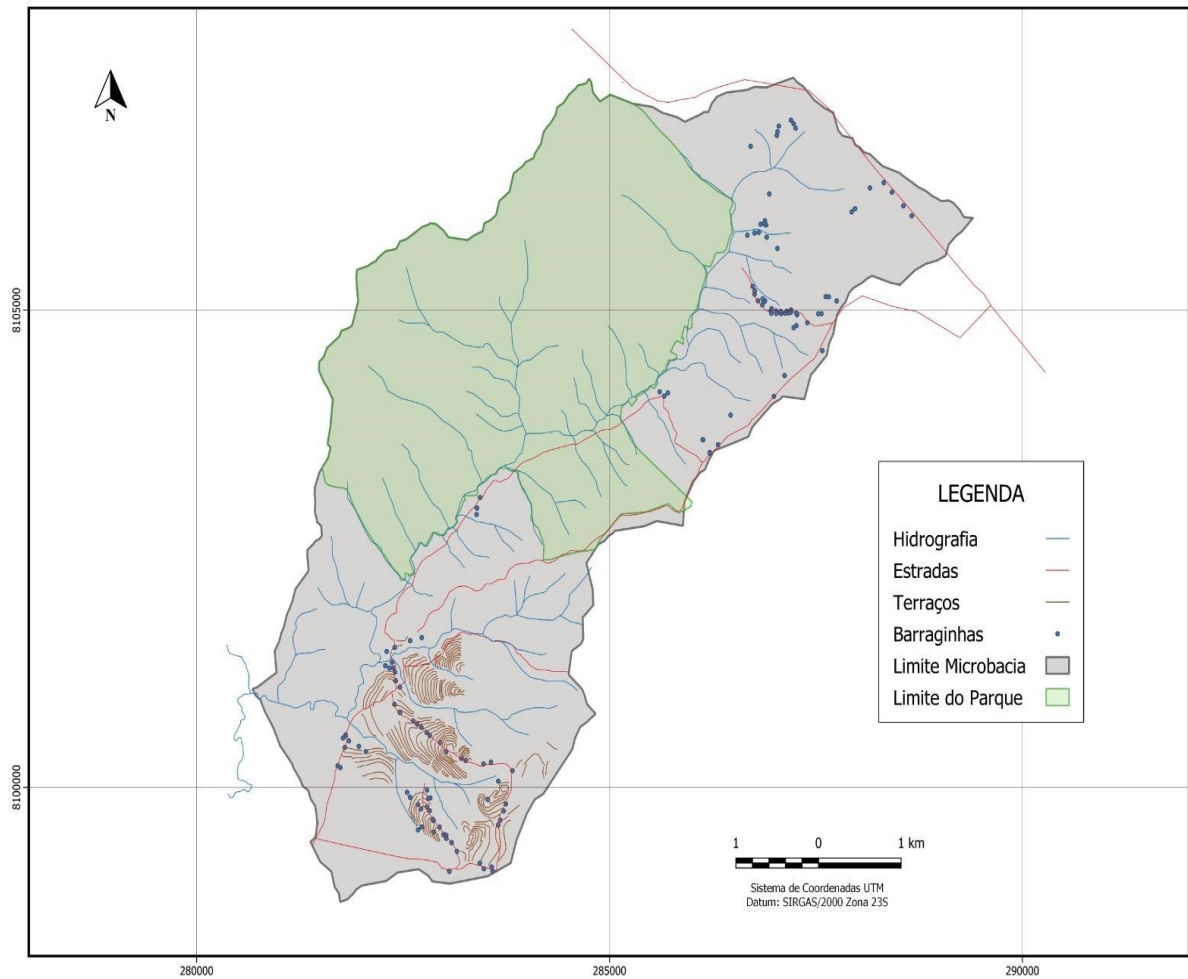
A avaliação da topografia, observando declives onde a água escoava naturalmente durante as chuvas, facilitando a captação e o direcionamento da água pluvial para uma bacia de forma eficiente.

Foi observado também a área de contribuição, de forma a dimensionar o volume de água armazenado ajustando ao quantitativo de bacias, evitando futuros rompimentos.

Os pontos para ações de intervenção foram plotados no aplicativo Android Gpswaypoint e, utilizados tablets com o aplicativo Google Earth para visualização dos pontos e demarcação para a construção das bacias de captação e polígonos das áreas destinadas às áreas de terraceamento.

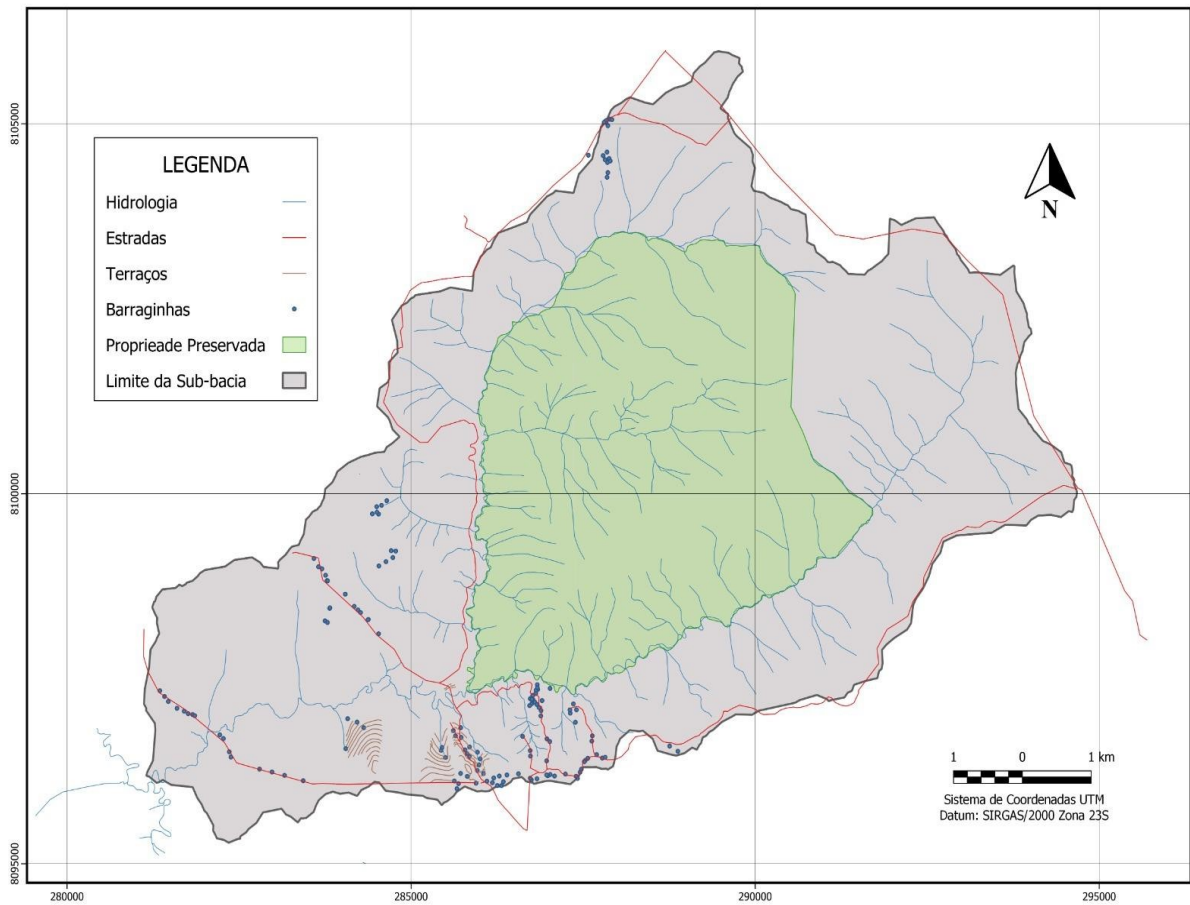
Ao final, os dados foram transferidos para o software QGIS 3.0, gerando mapas para facilitar a visualização das ações implementadas nas 5 microbacias priorizadas (Figuras 29-33).

Figura 29 - Mapa das intervenções realizadas na microbacia do Córrego Conceição, afluente do ribeirão Santa Izabel



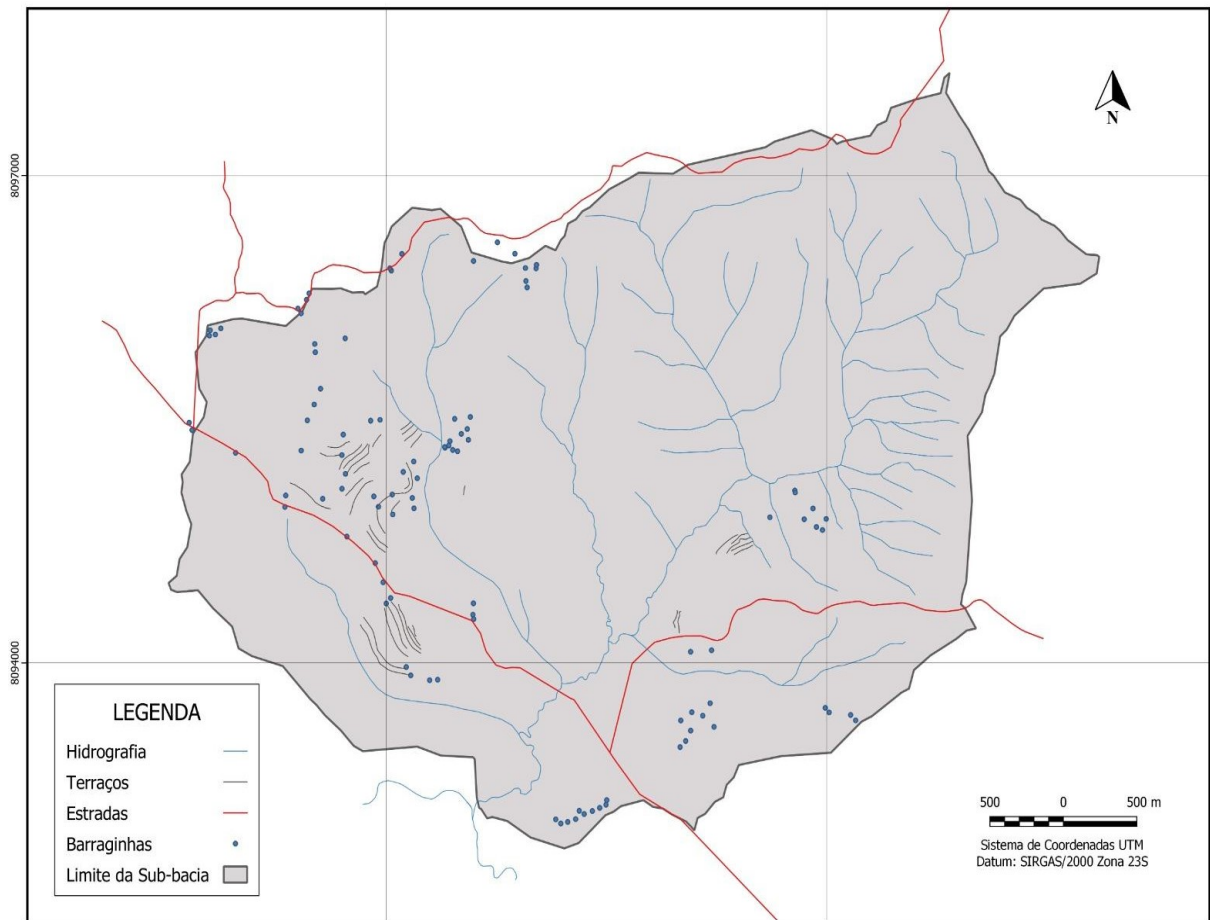
Fonte: O autor.

Figura 30 - Mapa das intervenções realizadas na microbacia do Córrego Paiol, afluente do ribeirão Santa Izabel



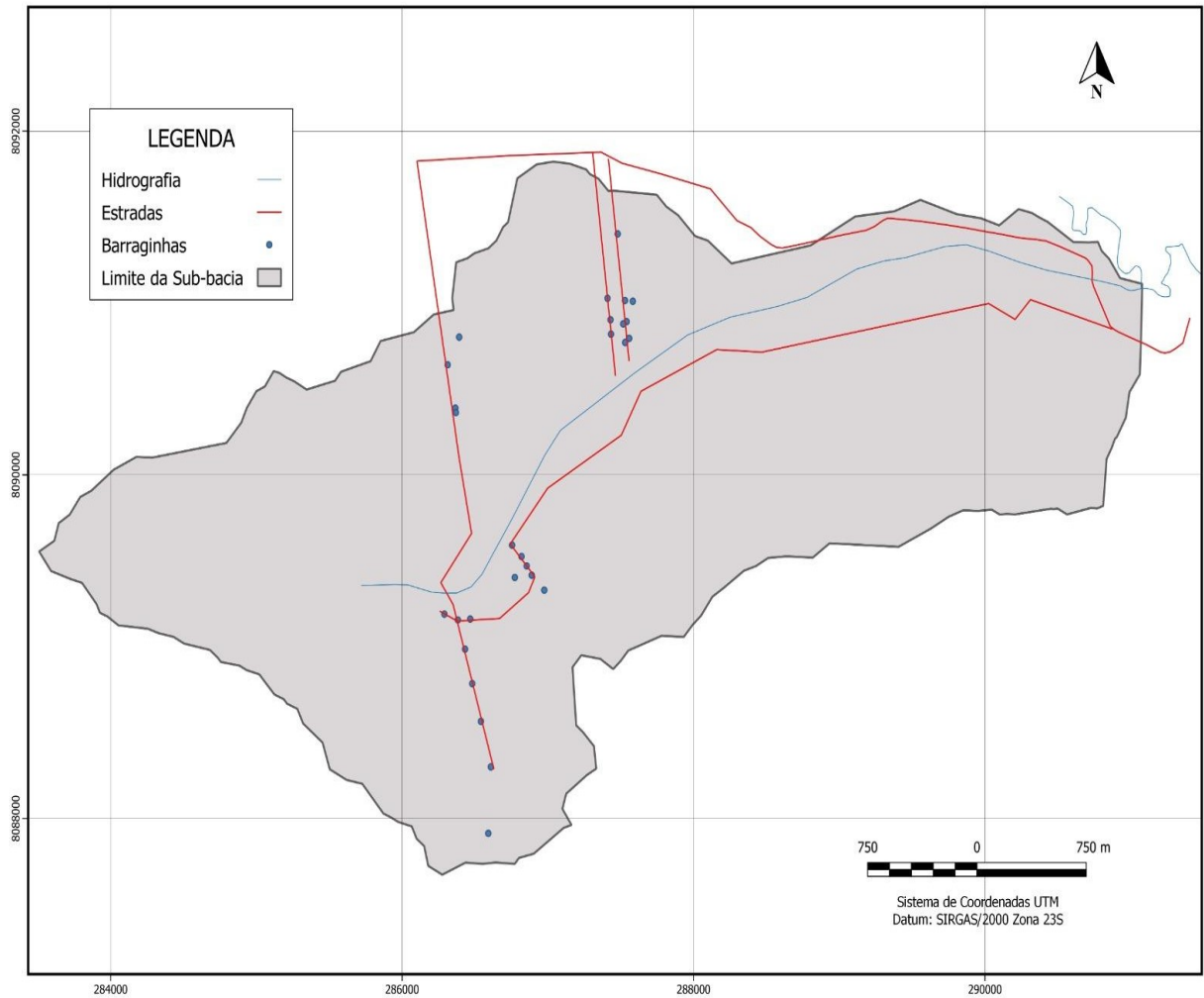
Fonte: O autor.

Figura 31 - Mapa das intervenções realizadas na microbacia do Córrego Paiol II, afluente da Ribeirão Santa Izabel



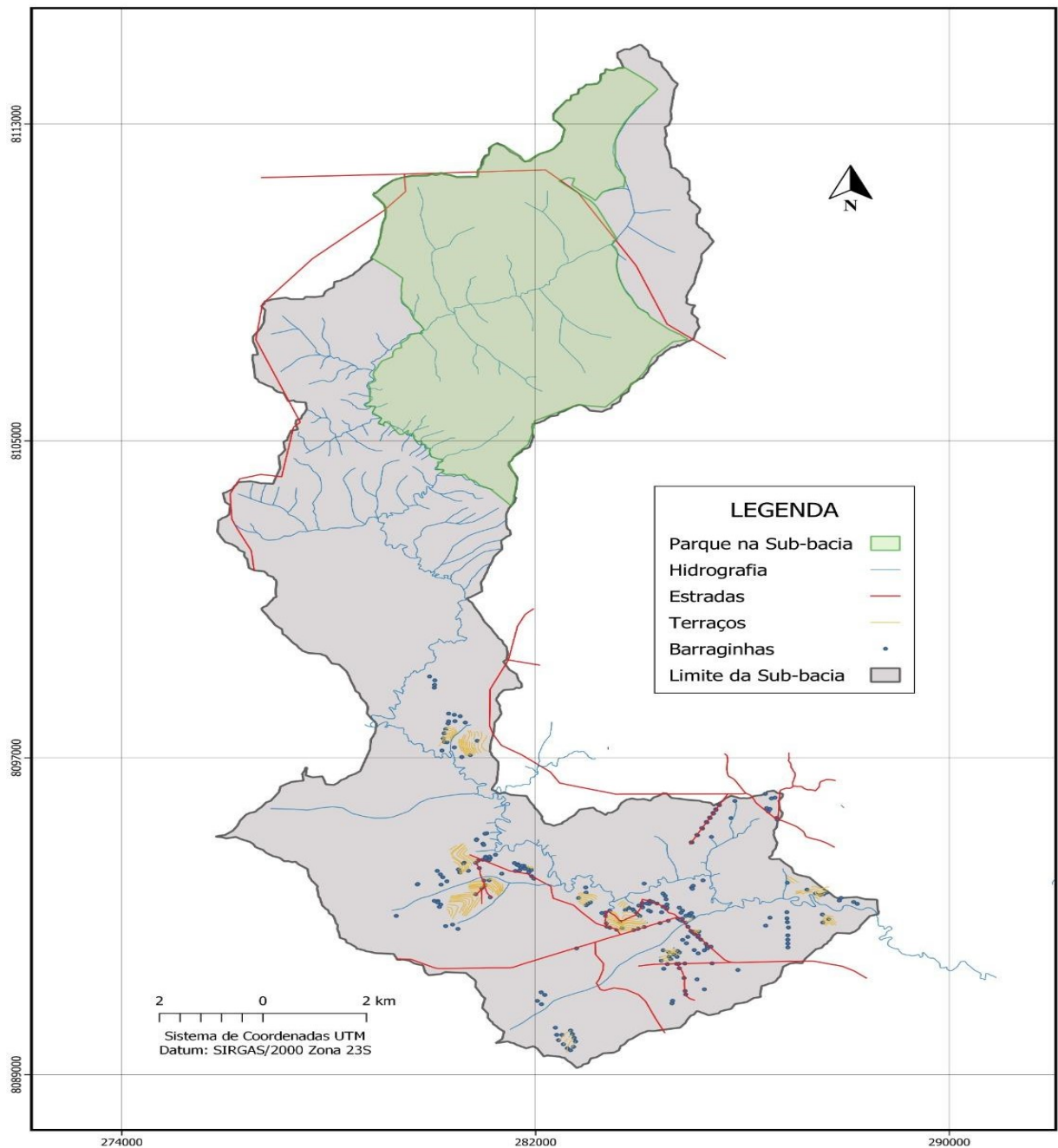
Fonte: O autor.

Figura 32 - Mapa das intervenções realizadas na microbacia da Vereda Elias, afluente do Ribeirão Santa Izabel



Fonte: O autor.

Figura 33 - Mapa das intervenções realizadas na microbacia do Alto Ribeirão Santa Izabel



Fonte: O autor.

Assim foram implementadas as bacias de captação de águas pluviais e os procedimentos são mostrados na Figura 34.

Figura 34 - Implementação das bacias de captação de águas pluviais



Construção



Acabamento



Barraginha terminada



Barraginha com água da chuva



Barraginha com água da chuva



Barraginha com água da chuva



Barraginha com água da chuva



Barraginha com água da chuva

Fonte: O autor.

Por sua vez, os procedimentos para implementação dos terraços são apresentados na Figura 35.

Figura 35 - Marcação e construção dos terraços



Marcação da linha de nível



Marcação do terraço



Construção com motoniveladora



Construção com trator de esteira



Terraço em construção



Terraço em construção



Terraço finalizado



Terraço com agua da chuva

Fonte: O autor.

6 CONCLUSÃO

As metodologias do Zoneamento Ambiental Produtivo (ZAP) e do Potencial de Uso Conservacionista (PUC) são importantes ferramentas de análise do território e permitiram identificar áreas prioritárias para implementação de ações de conservação do solo e água na sub-bacia do ribeirão Santa Isabel.

O ZAP apresenta um conjunto de dados de grande importância para a tomada de decisões, contudo a sua aplicação demanda um alto nível de especialização técnica, o que pode dificultar a sua aplicação em algumas regiões.

O PUC permitiu a identificação de áreas prioritárias para recarga hídrica e de menor resistência a processos erosivos sendo fundamental para a seleção de áreas onde as ações de manejo e conservação do solo deveriam ser implementadas.

A análise integrada constante das metodologias utilizadas permitiu identificar outras áreas, anteriormente não constantes do estudo, mas onde eram necessárias ações afim de garantir a sustentabilidade do território.

A participação das comunidades em todo o processo foi de fundamental importância para priorização das áreas para intervenção.

As políticas de conservação e recuperação ambiental afetam diretamente a vida das comunidades locais, e quando participam no processo de tomada de decisão, eles se sentem parte do processo e são mais propensos a assumir responsabilidades pela implementação das políticas. Isso aumenta a probabilidade de que as políticas sejam eficazes e sustentáveis a longo prazo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018**: informe anual. Brasília, DF: ANA, 2018.

AQUINO, J. N.; SALIS, H. H. C.; GAMEIRO, S.; OLIVEIRA, M. A.; RODIGHERI, G.; MENDES, A. P. S. F.; SFREDO, G. A. Zoneamento do Potencial de Uso Conservacionista na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos–RS. **Anuário do Instituto de Geociências UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, p. 292-302, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.11137/2020_3_292_302. Acesso: 30 maio 2023.

BARROS, L. C.; RIBEIRO, P. E. A. **Barraginhas**: água de chuva para todos, Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica; Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2009.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 2. ed. São Paulo: Ícone, 1990.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, [...]. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 26 maio 2018.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos [...]. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm. Acesso em: 26 maio 2018.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS. **Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CODEMIG, 2014. Escala 1:1.000.000.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. **A bacia**: principais características. Jatiúca: CBHSF, 2013. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>. Acesso em: 26 maio 2021.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. **Relatório de Vazões do município de Paracatu**. Belo Horizonte: Copasa, 4 abr. 2018. DVHD; - CD_CHAVE_ESTACAO_QUANT = 2315.

COSTA, A. M. da; SALIS, H. H. C. de, ARAÚJO, B. J. R. S.; MOURA, M. S.; SILVA, V. C.; OLIVEIRA, A. R.; PEREIRA, M. P. R.; VIANA, J. H. M. Potencial de uso conservacionista em bacias hidrográficas: estudo de caso para a bacia hidrográfica do rio Gualaxo do Norte - MG. *Geografias*, Belo Horizonte, v. 15, n. 2, p. 127-147, 2019a. DOI <https://doi.org/10.35699/2237-549X.2019.19891>

COSTA, A. M. C. da; SALIS, H. H.; VIANA, J. H. M.; PACHECO, F. A. L. Groundwater Recharge Potential for Sustainable Water Use in Urban Areas of the

Jequitiba River Basin, Brazil. **Sustainability**, [s. l.], v. 11, n. 10, p. 2955, 2019b. DOI10.3390/su11102955.

COSTA, A. M. da; SILVA, L. H.; SILVA, V. C.; MOURA, M. S.; MOTA, P.; ARAÚJO, B. J. R. S. Potencial de Uso Conservacionista (PUC) e Uso e Cobertura do Solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Guavirá, PR. **Revista Perspectiva Geográfica**, [s. l.], v. 14, n. 20, p. 107-122, jul./dez. 2019c. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/pgeografica/article/view/24034>. Acesso em: 14 nov. 2022.

COSTA, A. M. da; VIANA, J. H. M.; EVANGELISTA, L. P.; CARVALHO, D. C. de; PEDRAS, K. C.; HORTA, I. de M.; SALIS, H. H. de C.; PEREIRA, M. P. R.; SAMPAIO, J. L. D. Ponderação de variáveis ambientais para a determinação do Potencial de Uso Conservacionista para o Estado de Minas Gerais. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 13, n. 1, p. 118-133, 2022. DOI <https://doi.org/10.35699/2237-549X.13439>

DILL, P. R. J. **Gestão ambiental em bacias hidrográficas**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Bacias de captação de enxurradas**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2005. Cartilha. (Série Meio Ambiente).

FERNANDES, M. R. **Manejo Integrado de bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações**. Belo Horizonte: SMEA/CREA, 2010.

FERNANDES, Maurício Roberto *et al.* **Minas Gerais: caracterização de unidades de paisagem** Belo Horizonte: Emater-MG, 2013.

FREITAS, L. D.; MORAES, J. F. L.; COSTA, A. M.; MARTINS, L. L.; SILVA, B. M.; AVANZI, J. C.; UEZU, A. How Far Can Nature-Based Solutions Increase Water Supply Resilience to Climate Change in One of the Most Important Brazilian Watersheds? **Earth**, [s. l.], v. 3, p. 748-767, 2022. DOI <https://doi.org/10.3390/earth3030042>.

FUNDAÇÃO ALEXANDER BRANDT. **Zoneamento Ambiental Produtivo da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Isabel – MG**. Nova Lima: FABRANDT, 2018. Relatório Técnico Diagnóstico.

GOULART, Álvaro de Moura. **Utilização de práticas de conservação de solo e água na bacia hidrográfica do ribeirão Santa Isabel no município de Paracatu - MG**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para Gestão Municipal de Recursos Hídricos) – Instituto Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

HASUI, Y. Sistema Orogênico Tocantins. *In*: HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M.; BARTORELLI, A. (Ed.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca. 2012. p. 289-325.

IBGE. **Cidades e Estados**: Paracatu Brasília, DF, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/paracatu.html>. Acesso em: 26 maio 2018.

IBGE. **Paracatu**. Brasília, DF: IBGE, 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/paracatu/panorama>. Acesso em: 26 maio 2018.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. **Parque Estadual de Paracatu**. Belo Horizonte: IEF, 2011. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/parque-estadual/1412>. Acesso em: 28 jun. 2021.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Planos de Recursos Hídricos**. Belo Horizonte: IGAM, 2021a. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/gestao-das-aguas/plano-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 28 jun. 2021.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Projeto Barraginhas**: captação de águas da chuva, visando o aumento da disponibilidade da água, promoção do desenvolvimento e da cidadania no meio rural. Belo Horizonte: IGAM, 2014. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/sistemadegerenciamento/CTIG/5.4-projeto-barraginhas-modelofhidro-atualizado-2.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2021.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **SF7**: CBH do Rio Paracatu. Belo Horizonte: IGAM, 2021b. Disponível em: <http://comites.igam.mg.gov.br/comites-estaduais-mg/sf7-cbh-rio-paracatu>. Acesso em: 28 jun. 2021.

LOBATO, Paulo Henrique. Paracatu é o novo eldorado de Minas. **Estado de Minas**, Belo Horizonte, 8 jun. 2012. Progresso. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2012/06/08/internas_economia,298955/paracatu-e-o-novo-eldorado-de-minas.shtml. Acesso em: 20 abr. 2020.

MENDES, I. A. S. **Potenciais do meio físico no alto curso da bacia do Rio das Velhas**: perspectivas das transições para diferentes usos. 2002. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/49242/1/Tese_completa_Izabela_Mendes_.pdf. Acesso em: 20 dez. 2022.

MINAS GERAIS. Decreto Estadual nº 46650 de 19 de novembro de 2014. Aprova a Metodologia Mineira de Caracterização Socioeconômica e Ambiental de Sub-bacias hidrográficas, denominada Zoneamento Ambiental Produtivo – ZAP – e dá outras providências. **Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 20 nov. 2014. Caderno 1. Disponível em: <http://jornal.iof.mg.gov.br/xmlui/handle/123456789/134277>. Acesso em: 26 maio 2018.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 29.587, de 8 de junho de 1989**. Define área de proteção especial situada no município de Paracatu, para fins de preservação de mananciais, para abastecimento de água na cidade de Paracatu. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa, 1989. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/DEC/29587/1989/>. Acesso em: 26 maio 2018.

MINAS GERAIS. Governo do Estado de Minas Gerais. Comitê Gestor do Zoneamento Ambiental E Produtivo – ZAP. **Deliberação nº 17, de 06 de novembro de 2019**. Dispõe sobre a aprovação do Zoneamento Ambiental Produtivo – ZAP do conjunto de sub-bacias hidrográficas do Monumento Natural Estadual Serra da Piedade (MONAESP) e de seu entorno. Belo Horizonte: Governo do Estado de Minas Gerais, 2019.

MINAS GERAIS. Governo do Estado de Minas Gerais. Comitê Gestor do Zoneamento Ambiental E Produtivo – ZAP. **Deliberação nº 24, de 30 de agosto de 2019**. [Aprova a utilização do método do Potencial de Uso Conservacionista - PUC em substituição à etapa de Unidades de Paisagem para a elaboração dos estudos de Zoneamento Ambiental e Produtivo a serem submetidos para análise do Comitê Gestor do ZAP]. Belo Horizonte: Governo do Estado de Minas Gerais, 2019.

MINAS GERAIS. Governo do Estado de Minas Gerais. **Metodologia do Zoneamento Ambiental e Produtivo de sub-bacias hidrográficas**. 3. ed. Belo Horizonte: Governo do Estado de Minas Gerais, 2020. Disponível em: http://www.agricultura.mg.gov.br/images/documentos/Metodologia_ZAP_3ed.pdf. Acesso em: 20 jun. 2021.

MINAS GERAIS. Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento Ambiental e Produtivo**. Belo Horizonte: SEAPA, 2015. Disponível em: <http://www.agricultura.mg.gov.br/index.php/cidadao/zoneamento-ambiental-produtivo>. Acesso em: 20 jun. 2021.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Metodologia para elaboração do Zoneamento Ambiental Produtivo**: ZAP de sub-bacias hidrográficas. Belo Horizonte: SEMAD: SEAPA, 2016.

MUCIDA, D. P.; GORGENS, E. B.; RECH, A. R.; CHRISTOFARO, C.; SILVA, R. S.; PEREIRA, I. M.; MORAIS, M. S.; COSTA, A. M. C.; FRANÇA, C. J. Designing optimal agrosilvopastoral landscape by the potential for conservation use in Brazil. *Sustainable Horizons*, v. 5, 100045, Mar. 2023. DOI <https://doi.org/10.1016/j.horiz.2022.100045>

OLOFSSON, P.; FOODY, G. M.; HEROLD, M.; STEHMAN, S. V.; WOODCOCK, C. E.; WULDER, M. A. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 148, n. 1, p. 42-57, 2014.

PARACATU. Prefeitura de Paracatu. **Prefeitura convoca Copasa para esclarecimentos**. Paracatu, 2021. Disponível em: <http://paracatu.mg.gov.br/noticia/533/Prefeitura-convoca-Copasa-para-esclarecimentos>. Acesso em: 30 maio 2021.

PRUSKY, F. F. **Conservação de solo e água**: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa. Ed: UFV, 2009.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. [S. l.]: Open Source Geospatial Foundation Project, 2018. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. Acesso em: 30 maio 2021.

RODRIGUES, Lineu Neiva. Apresentação. *In*: RODRIGUES, Lineu Neiva; DOMINGUES, Antônio Félix (ed.). **Agricultura irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. Brasília: INOVAGRI, 2017. p. 9. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/168474/1/Agricultura-Irrigada.pdf>. Acesso em: 30 maio 2021.

RUAS, E. D. et al. **Metodologia participativa de extensão rural para o desenvolvimento sustentável**: MEXPAR. Belo Horizonte: [s. n.], mar. 2006.

SALIS, H. H. C.; EVANGELISTA, L. P.; COSTA, A. M.; HORTA, I. M. F. Diagnóstico da disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do Rio Manso – MG. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 18, n. 64, p. 91-102, 2017.

SPAROVEK, G.; BARRETO, A.; KLUG, I.; PAPP, L.; LINO, J. A revisão do Código Florestal brasileiro. **Novos Estudos**, São Paulo, n. 89, p. 111-135, 2011.

TENENWURCEL, M. A.; MOURA, M. S.; COSTA, A. M.; MOTA, P. K.; VIANA, J. H. M.; FERNANDES, L. F. S.; PACHECO, F. A. L. An improved model for the evaluation of groundwater recharge based on the concept of conservative use potential: A study in the river Pandeiros Watershed, Minas Gerais, Brazil. **Water**, [Switzerland], v. 12, n. 4, 1001, 2020. DOI <https://doi.org/10.3390/w12041001>

TONELLO, K. C. **Análise hidro ambiental da bacia hidrográfica da 2005 Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9559>. Acesso em: 30 maio 2021.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade, 2001.

UNESCO. **O valor da água: fatos e dados**. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021. Colombella: Unesco, 2021.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Earth Resources Observation and Science (EROS) Center**. [USA: USGS, 2022]. USGS EROS Archive - Digital Elevation - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Non-Void Filled. Disponível em: https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-non?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects. Acesso em: 10 fev. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA; UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS; FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DE MINAS GERAIS. **Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 2010. 1 mapa, color., Escala 1:650.000. Projeção Policônica. Disponível em: http://www.dps.ufv.br/?page_id=742. Acesso em: 5 mar. 2020.