



**UFOP**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**

Universidade Federal de Ouro Preto

Escola de Minas – Departamento de Engenharia Ambiental

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

---



**Saulo de Paula Alves Silva**

**MAPEAMENTO PARA CONSERVAÇÃO E  
RECUPERAÇÃO DE ÁGUA E SOLO: SUBSÍDIO PARA O  
PLANO MUNICIPAL DA MATA ATLÂNTICA DE OURO  
PRETO**

Ouro Preto

2025

**Saulo de Paula Alves Silva**

**MAPEAMENTO PARA CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE  
ÁGUA E SOLO: SUBSÍDIO PARA O PLANO MUNICIPAL DA MATA  
ATLÂNTICA DE OURO PRETO**

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

Orientador: Profa. Livia Cristina Pinto Dias

Coorientador: Me.Lucas Mardones Gaião

Ouro Preto

2025

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S586m Silva, Saulo de Paula Alves.

Mapeamento para conservação e recuperação de água e solo  
[manuscrito]: subsídio para o Plano Municipal da Mata Atlântica de Ouro  
Preto. / Saulo de Paula Alves Silva. - 2025.

31 f.: il.: tab., mapa.

Orientadora: Profa. Dra. Livia Dias Pinto.

Coorientador: Me. Lucas Mardones Gaião.

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

1. Sistemas de informação geográfica. 2. Mapeamento geológico. 3.  
Água - Conservação. 4. Solos - Conservação. I. Pinto, Livia Dias. II. Gaião,  
Lucas Mardones. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 502

Bibliotecário(a) Responsável: Soraya Fernanda Ferreira e Souza - SIAPE: 1.763.787



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Saulo de Paula Alves Silva**

### **Mapeamento para conservação e recuperação de água e solo: Subsídio para o Plano Municipal de Mata Atlântica de Ouro Preto**

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

Aprovada em 11 de abril de 2025

#### Membros da banca

Profa. Dra. Lívia Cristina Pinto Dias - Orientadora (Departamento de Engenharia Ambiental - Universidade Federal de Ouro Preto)

Me. Eng. Lucas Mardones Gaião - Co-orientador (Programa de Pós-graduação em Evolução Crustral e Recursos Naturais - Universidade Federal de Ouro Preto)

Prof. Dr. César Falcão Barela - (Departamento de Engenharia Ambiental - Universidade Federal de Ouro Preto)

Eng. Pedro Henrique Alves de Brito Lisboa- (Secretaria Municipal de Meio Ambiental de Ouro Preto)

Profa. Dra. Lívia Cristina Pinto Dias], orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 16/05/2025



Documento assinado eletronicamente por **Livia Cristina Pinto Dias, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/05/2025, às 13:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0912742** e o código CRC **B368943A**.

*Dedico este trabalho a todos os meus amigos  
e familiares, em especial a Maria das Dores,  
Raimundo Miguel e Danilo Silva.*

## AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho representa não apenas o fim de uma jornada acadêmica, mas também o resultado do apoio e incentivo de muitas pessoas que, de diferentes formas, contribuíram para essa conquista.

Aos meus pais, Raimundo Miguel da Silva e Maria das Dores, minha eterna gratidão pelo amor incondicional, pelo exemplo de dedicação e pelos ensinamentos que me guiaram ao longo da vida. Obrigado por acreditarem em mim e por me derem forças nos momentos de desafio.

Aos meus familiares, em especial: meu irmão Danilo, minhas tias e meus primos que sempre estiveram ao meu lado, torcendo e incentivando cada passo dessa caminhada, meu sincero agradecimento.

Aos amigos que fiz na Engenharia Ambiental, em especial: Ana Bárbara, Ana Senra, Anna Syria, Christopher, Gerson, Lucas Pedroso, Igor, Bruno Neres, Geovanna, Luana, Thais, Victoria pela parceria, pelas trocas de conhecimento e pelo apoio mútuo ao longo dessa trajetória. Compartilhar essa jornada com vocês tornou o percurso mais leve e enriquecedor.

Aos amigos de outros cursos: Bruno Borges, Marcão, Anna Clara, Catarina, Camila, Thyago, Vitória, Luís Felipe, Luís, Joaquim, Gabriela, Luiza Clemente, Ana Carolina, dentre outros. Muito Obrigado pelas parcerias nos intervalos, trabalhos em cadeiras e conversas nos ambientes fora de sala.

Ao dia que meu amigo José Mota me apresentou a Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE), onde conheci pessoas incríveis, cuja lista muito extensa me impede de mandar um recado em especial. Um local onde tive ótimas experiências de vida, que tanto contribuíram para minha formação pessoal e profissional, pelas aventuras e pelo aprendizado em campo e na sala da entidade, por me acenderem a chama da espeleologia.

À Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Ouro Preto e a Fundação Gorceix, pelo crescimento profissional adquirido, a todos meus companheiros de estágio, em especial: Altimar, Bárbara, Kaio, Paulo Vítor, Maria Luiza, Clara, Bernardo e Júlio César; e meus orientadores no estágio: Pedro Lisboa, Pedro Rodrigues, Marcos Pires e Jacqueline

Aos amigos que fiz em Ouro Preto, e que me acompanham desde novo, a presença de cada um de vocês foi fundamental em minha trajetória.

Aos professores da UFOP que marcaram minha trajetória: Livia Dias, Aníbal, César Barella, Alberto Fonseca, Marina Machado, Regina Carla, Maria Luiza, Ana Paula.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho, meu mais profundo agradecimento. Essa conquista é, de alguma forma, também de vocês.

## RESUMO

Este estudo busca identificar áreas prioritárias para conservação e restauração da água e do solo no município de Ouro Preto, utilizando uma metodologia alternativa no âmbito do Plano Municipal de Mata Atlântica (PMMA). Para isso, foram elaborados mapas pelo método de análise hierárquica de processos (AHP), utilizando ferramentas de geoprocessamento e análise espacial. A pesquisa apresentou resultado semelhante para o mapa de conservação e uma leve discrepância para o mapa de recuperação. Visando subsidiar a gestão ambiental local, comparando a metodologia proposta com a utilizada no PMMA, foram fornecidas recomendações técnicas para a conservação e recuperação dos recursos naturais, contribuindo para a sustentabilidade do município.

Palavras-chave: AHP, PMMA, Geoprocessamento.

## **ABSTRACT**

This study aims to identify priority areas for water and soil conservation and restoration in the municipality of Ouro Preto, using an alternative methodology within the scope of the Municipal Atlantic Forest Plan (PMMA). To achieve this, maps were created using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method, with geoprocessing and spatial analysis tools. The research presented similar results for the conservation map and a slight discrepancy for the restoration map. Aiming to support local environmental management by comparing the proposed methodology with that used in the PMMA, technical recommendations were provided for the conservation and restoration of natural resources, contributing to the municipality's sustainability.

Keywords: AHP, Geoprocessing, ESG.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Localização do município de Ouro Preto.....	11
Figura 2: Divisão de Ouro Preto por distritos.....	12
Figura 3: Uso e ocupação do solo de Ouro Preto em 2023 de acordo com MapBiomias coleção 9.....	13
Figura 4: Hidrografia de Ouro Preto.....	14
Figura 5: Tipos de solo do município de Ouro Preto-MG.....	15
Figura 6: Litologia de Ouro Preto.....	16
Figura 7: Mapa do potencial para recarga hídrica de Ouro Preto-MG.....	23
Figura 8: Comparação entre os mapas de conservação.....	24
Figura 9: Diferença entre os mapas de conservação.....	26
Figura 10: Comparação entre os mapas de recuperação.....	27
Figura 11: Diferença entre os mapas de recuperação.....	29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fontes e características dos dados utilizados na PMMA de Ouro Preto.....	6
Tabela 2: Pesos estabelecidos para <i>Landsform</i> .....	7
Tabela 3: Pesos estabelecidos para o Potencial Hidrogeológico.....	8
Tabela 4: Pesos estabelecidos para as diferentes classes de uso do solo do Mapbiomas Coleção 8.....	9
Tabela 5: Matriz de pesos dos critérios do bloco proteção de solo e recursos hídricos para o mapa de conservação determinados pelo GT.....	10
Tabela 6: Matriz de pesos dos critérios do bloco proteção de solo e água para o mapa de recuperação determinados pelo GT.....	10
Tabela 7: Homogeneização dos pesos para o critério de distância até nascentes.....	19
Tabela 8: Classificação dos pesos de solo para potencial hídrico.....	20
Tabela 9: Critérios estabelecidos para o mapa de recarga hídrica.....	20
Tabela 10: Pesos para a AHP da conservação de água e solo da metodologia alternativa.....	21
Tabela 11: Pesos para a AHP de recuperação de água e solo da metodologia alternativa.....	21
Tabela 12: Área ocupada por cada classe dos mapas de conservação.....	25
Tabela 13: Área ocupada por cada classe dos mapas de recuperação.....	28

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
2	OBJETIVOS.....	3
2.1	Objetivo Geral .....	3
2.2	Objetivos Específicos .....	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
3.1	Análise Multicritério .....	4
3.2	Metodologia do PMMA-OP .....	4
3.3	Mapas de Água e Solo .....	7
4	METODOLOGIA .....	11
4.1	Caracterização do Município .....	11
4.1.1	Uso e ocupação do solo .....	12
4.1.2	Hidrografia .....	13
4.1.3	Pedologia.....	14
4.1.4	Litologia.....	16
4.2	Metodologia Alternativa para o mapa de água e solo.....	17
4.2.1	Mapa de áreas para o abastecimento humano .....	18
4.2.2	Mapa de distância até as nascentes.....	18
4.2.3	Mapa de recarga hídrica .....	19
4.2.4	Mapa alternativo de proteção da água e solo .....	20
5	RESULTADOS .....	22
5.1	Recarga hídrica .....	22
5.2	Mapas de conservação .....	23
5.3	Mapas de recuperação.....	26

6	CONCLUSÃO .....	29
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

## 1 INTRODUÇÃO

A lei 12.651 da constituição brasileira define conservação como a ação humana com o objetivo de alcançar a sustentabilidade tomando ações que preserve a diversidade biológica e processos ecológicos essenciais, enquanto a recuperação ambiental é definida como áreas a serem restauradas são aspectos fundamentais para garantir a sustentabilidade dos ecossistemas, principalmente em biomas altamente ameaçados, como a Mata Atlântica. Esse bioma, que historicamente já perdeu 60% de sua área, devido a atividades antrópicas, ainda desempenha um papel essencial na manutenção da biodiversidade e na regulação climática e disponibilidade hídrica. Entre os recursos naturais mais impactados pela degradação ambiental estão a água e o solo, cuja conservação está diretamente ligada à qualidade de vida da população e à estabilidade dos ecossistemas (SOS Mata Atlântica,2024).

A degradação do solo e a contaminação dos recursos hídricos comprometem diversos serviços ecossistêmicos, como o fornecimento de água potável, a regulação do ciclo hidrológico e a manutenção da fertilidade dos solos. Assim, o planejamento e a gestão adequada desses recursos tornam-se imprescindíveis para minimizar os impactos ambientais e garantir a sustentabilidade das atividades econômicas e sociais.

No Brasil, diversas normativas e políticas públicas estabelecem diretrizes para a conservação da Mata Atlântica e de seus recursos naturais. Entre as principais, destaca-se a Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006), que define regras para a proteção, uso e recuperação dos remanescentes florestais do bioma. Essa legislação também incentiva a elaboração dos Planos Municipais de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA), instrumentos essenciais para a gestão ambiental em nível local.

O decreto 6660/2008 estabelece diversos critérios para a elaboração do PMMA, como a determinação de áreas para conservação e recuperação, com o objetivo principal subsidiar a tomada de decisões quanto à preservação e restauração de ecossistemas, promovendo a gestão integrada do uso do solo e dos recursos hídricos.

Dessa forma, a elaboração de um mapa temático que identifique áreas prioritárias para conservação e recuperação da água e do solo é um passo fundamental para fortalecer a implementação dessas diretrizes no município de Ouro Preto.

A necessidade de estudos e ferramentas que embasam a elaboração de políticas ambientais eficazes torna-se cada vez mais evidente diante do avanço da degradação ambiental. O mapeamento de áreas prioritárias para conservação e restauração de recursos naturais pode contribuir significativamente para a gestão ambiental, permitindo a identificação de regiões críticas e auxiliando na definição de estratégias de manejo.

A utilização de análises espaciais e geotecnologias oferece uma abordagem sistemática e baseada em evidências para a avaliação das condições ambientais locais. Dessa forma, o presente estudo busca fornecer subsídios técnicos para a elaboração do PMMA de Ouro Preto (PMMA-OP), auxiliando na tomada de decisão e contribuindo para a sustentabilidade ambiental do município.

O presente trabalho tem como objetivo geral realizar análises espaciais para determinar áreas prioritárias para conservação e recuperação da água e do solo no âmbito do PMMA de Ouro Preto

Para atingir os objetivos propostos, serão utilizadas ferramentas de geoprocessamento e análise espacial, como Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Os dados serão coletados a partir de fontes secundárias, como imagens de satélite, bases de dados ambientais e informações obtidas de órgãos públicos.

Os critérios ambientais incluem fatores como cobertura vegetal, susceptibilidade à erosão, disponibilidade hídrica e qualidade do solo. Os critérios sociais consideraram a distribuição populacional, o uso do solo e aspectos socioeconômicos relevantes para a gestão ambiental.

Os mapas temáticos serão gerados a partir da combinação desses fatores, permitindo a identificação das áreas mais vulneráveis e necessárias de intervenção. Os resultados serão analisados para embasar recomendações técnicas direcionadas ao PMMA de Ouro Preto.

Este trabalho está organizado em cinco seções. A seção 1 apresenta a introdução ao tema e justificativa. Na seção 2 são apresentados os objetivos. Na seção 3 está descrita a metodologia utilizada no estudo. A seção 4 apresenta e analisa os resultados obtidos. Por fim, a seção 5 traz as considerações finais e as recomendações técnicas para o PMMA de Ouro Preto.

Com essa abordagem, espera-se que este estudo contribua para a formulação de estratégias de gestão ambiental baseadas em evidências, promovendo a conservação e a recuperação dos recursos naturais do município.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Determinar a partir de mapas temáticos para a conservação e recuperação de água e solo a adoção de uma metodologia alternativa aos mapas do Plano Municipal da Mata Atlântica de Ouro Preto.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Estabelecer critérios alternativos aos utilizados no PMMA para subsidiar os mapas temáticos para a conservação e recuperação de água e solo;
- Comparar os mapas temáticos do PMMA e da Metodologia proposta por este trabalho
- Propor recomendações, ou seja, ganhos ou não da adoção do mapa alternativo.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Análise Multicritério

A análise multicritério (AMC) é uma abordagem que auxilia na tomada de decisões quando múltiplos fatores e critérios precisam ser considerados simultaneamente. Esse método é especialmente útil em contextos onde as variáveis são complexas e interdependentes, como ocorre nas análises ambientais. A AMC permite integrar diferentes tipos de dados, ponderar a importância relativa de cada critério e fornecer um resultado final que auxilia na identificação de alternativas mais adequadas para um determinado problema. Ainda, de acordo com Davies et al. (2013), a AMC pode facilitar o diálogo entre grupos com interesses diferentes e considerar tanto a dimensão humana quanto a ambiental em um conflito entre as partes.

Na área ambiental, a AMC é amplamente utilizada para identificação de áreas prioritárias para conservação para definir locais estratégicos para proteção (como mostra a revisão feita por Moffett e Sarkar (2006)), na gestão de recursos hídricos ao auxiliar na escolha de áreas para proteção da bacia (como em Zani et al. (2023)), no planejamento de restauração florestal para determinar onde essa restauração é mais viável e necessária (como em Cavalcanti et al. (2022)) e na avaliação de risco ambiental (como deslizamentos de terra, enchentes e erosão) auxiliando na tomada de decisão sobre medidas preventivas (como em Chaabane et al. (2024)).

#### 3.2 Metodologia do PMMA-OP

A metodologia utilizada na construção do PMMA-OP foi desenvolvida por um Grupo de Trabalho (GT), onde participaram diversos profissionais e membros da sociedade civil, e discutida em reuniões. Definiu-se que as áreas prioritárias para conservação e recuperação da Mata Atlântica seriam determinadas por meio de uma análise multicritério, mais precisamente pelo método AHP, considerando atributos geoespaciais (PMMA- OP, 2024).

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Proposto por Thomas L. Saaty na década de 1970, o AHP é uma metodologia que hierarquiza critérios prioritários, auxiliando na tomada de decisões por meio de uma estrutura hierárquica baseada em três princípios: decisão, julgamento comparativo e descrições de prioridades. Para garantir a eficácia das comparações, o método exige que o grau de consistência entre os materiais produzidos não ultrapasse a margem de erro (também chamado de razão de consistência (CR)) de 10% (Saaty, 1980)

Ficou definido que seriam feitos dois mapas distintos: um para conservação e outro para recuperação. Por sua vez, ficou definido que cada mapa (conservação e restauração) seria

composto por outros quatro mapas (chamados de blocos): um mapa obtido por análise multicritério composto por critérios relacionados a biodiversidade (bloco biodiversidade), um mapa obtido por análise multicritério composto por critérios de proteção de solos e recursos hídricos (bloco proteção da água e do solo), esses mencionados anteriormente feitos pelo método AHP, um mapa contendo as áreas preservadas por algum instrumento legal, feito por reclassificação (por exemplo, áreas de preservação permanente (APP), unidades de conservação e zonas de amortecimento – bloco proteção legal) e um mapa com as áreas propostas pela comunidade nas reuniões que foram feitas ao longo da elaboração do plano. Os critérios utilizados para construir cada bloco foram formulados a partir da disponibilidade de dados provenientes de plataformas digitais, como MapBiomias, IDE Sisema e o banco de dados do plano diretor municipal (Tabela 1).

**Tabela 1:** Fontes e características dos dados utilizados na PMMA de Ouro Preto

<b>DADO</b>	<b>FONTE</b>	<b>ESCALA (1/x)</b>	<b>CRITÉRIO PMMA</b>	<b>DATUM</b>
Inventário Florestal	IDE Sisema	60.000	Complexo rupestre	SIRGAS 2000 (EPSG: 4674)
Uso do Solo	MapBiomas	100.000	Presença de vegetação, tamanho do fragmento, conectividade, uso do solo	SIRGAS 2000 (EPSG: 4674)
Landform	Relevo SRTM global	-	Landform	SIRGAS 2000 (EPSG: 4674)
Mapa Geológico de Minas Gerais	CEAQFe	150.000	Litologia	SIRGAS 2000 (EPSG: 4674)
Áreas para Abastecimento hídrico	SEMMADS	100.000	Áreas de abastecimento	SIRGAS 2000 (EPSG: 4674)
Nascentes	IDE Sisema	25.000	Densidade de nascentes	SIRGAS 2000 (EPSG: 4674)
Unidades de Conservação Federais	IDE Sisema	10.000 250.000	Unidades de conservação	SIRGAS 2000 (EPSG: 4674)
Unidades de Conservação Estaduais	IDE Sisema	Variadas	Unidades de conservação	SIRGAS 2000 (EPSG: 4674)
Unidades de Conservação Municipais	SEMMADS	Variadas	Unidades de conservação	SIRGAS 2000 (EPSG: 4674)
Zonas de amortecimento de UCs definidas em plano de manejo	IDE Sisema	Variadas	Zonas de amortecimento	SIRGAS 2000 (EPSG: 4674)
APPs	WebGis Ouro Preto	Variadas	APP	SIRGAS 2000 Zona 23S (EPSG:31983)
Reserva Legal	SICAR	-	Reserva legal	SIRGAS 2000 (EPSG: 4674)
Áreas Propostas pela Comunidade	GT PMMA	-	Áreas propostas pela comunidade	SIRGAS 2000 (EPSG: 4674)

Fonte:PMMA-OP,2024

### 3.3 Mapas de Água e Solo

Foram construídos cinco mapas para serem critérios no bloco proteção de solo e recursos hídricos do mapa de conservação. Primeiro, foi obtido o mapa de relevo do Global SRTM Landforms (Theobald et al., 2015), que pode ser acessado na plataforma Google Earth Engine. Esse mapa é constituído de 15 tipos de relevo e 269 tipologias, com o tamanho do pixel de 90 x 90 metros. O mapa raster foi reclassificado pelo GT determinando com base os melhores relevos para recarga hídrica (Tabela 2). Para fins de cálculo, o pixel desse mapa foi redimensionado para escala de 30 x 30 metros e ele foi alinhado com o raster de uso e ocupação do solo.

**Tabela 2:** Classificação Landforms

<b>Classificação Landforms</b>	
Vale	3
Declive Inferior	6
Declive Superior	9
Pico	9
Montanha	9

**Fonte:** PMMA-OP,2024

Segundo, foi desenvolvido um mapa de potencial hidrogeológico tendo como base o trabalho de Gaião e Castro (2024). Gaião e Castro (2024) avaliaram espacialmente o potencial para a conservação dos recursos hídricos (PCRH) do município de Ouro Preto utilizando revisões bibliográficas de estudos hidrogeológicos, consulta a especialistas que publicaram estudos referentes ao Quadrilátero Ferrífero e levantamento de dados geospaciais. Para o PMMA-OP, foi feita a classificação do mapa geológico de Gaião e Castro (2024) com base no índice de potencial hidrogeológico das unidades litoestratigráficas, ou seja, o potencial de armazenamento de água de cada supergrupo, grupo ou formação (Tabela 3).

**Tabela 3:** Pesos estabelecidos para o potencial hidrogeológico

<b>Potencial Hidrogeológico</b>			
<b>Supergrupos</b>	<b>Grupos</b>	<b>Formação</b>	<b>Potencial</b>
Suíte Alto Maranhão			3
Rochas Metaultramáficas e Corpo Monsenhor Isidro			1
Complexo Metamórfico do Bação			3
Grupo Itacolomi			5
Supergrupo Minas	Grupo Sabará		7
	Grupo Piracicaba		7
	Grupo Itabira	F. Cauê	9
		F. Gandarela	7
	Grupo Caraça	F. Moeda	8
		F. Batatal	3
Supergrupo Rio das Velhas	Grupo Maquiné		5
	Grupo Nova Lima		2

Fonte: PMMA-OP (2024); Gaião e Castro (2024)

Terceiro, os dados de uso do solo de 2022 obtido no MapBiomas Coleção 8 (mesmos usados para identificar presença/ausência de vegetação no bloco biodiversidade) foram reclassificados a fim de agrupar as classes definidas pelo Mapbiomas em novas classes.

Ao final, foi obtido um mapa com seis novas classe, sendo elas: água e cidade, agricultura, silvicultura, pastagem, mineração e floresta. Os pesos de importância de cada o uso do solo (Tabela 4) foram elaborados pelo GT de acordo com sua importância para conservação das áreas de Mata Atlântica.

**Tabela 4:** Pesos estabelecidos para as diferentes classes de uso do solo do Mapbiomas Coleção 8

<b>Uso do Solo</b>			
<b>Classe PMMA</b>	<b>Peso</b>		<b>Classe MapBiomas (N°)</b>
	<b>Conservação</b>	<b>Recuperação</b>	
Silvicultura	5	7	Silvicultura(9)
Pastagem	3	9	Pastagem(15)
Agricultura	7	5	Outras Lavouras Temporárias(41), Café(46),Outras Lavouras Perenes(48),Mosaico de Usos(21)
Mineração	1	3	Mineração(30)
Floresta	9	0	Formação Florestal(3), Formação Savânica(2), Formação campestre(12), Afloramento Rochoso(29)
Cidade e água	0	0	Área Urbanizada(24),Outras Áreas não Vegetadas(25),Rio, Lago e Oceano(33)

Fonte: PMMA-OP (2024)

Quarto, foi desenvolvido um mapa com a concentração de nascentes. O GT entendeu que quanto maior a concentração de nascentes, mais importante conservar uma área. Para construir esse mapa, foi obtido o shapefile de pontos que informa a localização aproximada das cabeceiras de cursos d'água e outros pontos de afloramento de corpos hídricos no município de Ouro Preto. Esse shapefile foi desenvolvido pela Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável (FBDS) e pode ser encontrado na base de dados do IDE-Sisema. A partir desses pontos foram transformados em um mapa de densidade de Kernel (mapa de calor), com raio de

500 metros e tamanho do pixel de 30 x 30 metros. Os valores encontrados estão linearizados em uma função de primeiro grau que vai de 0 a 10. (PMMA,2024)

Para chegar ao mapa do bloco de proteção de solo e recursos hídricos do mapa de conservação, foi feita uma análise multicritério utilizando o método AHP. Nesse passo, foram utilizados como critérios os mapas de relevo (landforms), potencial hidrogeológico, uso do solo e concentração de nascentes (Tabela 5) e foi obtida uma CR de 0,04%. (PMMA-OP,2024)

**Tabela 5:** Matriz de pesos dos critérios do bloco proteção de solo e recursos hídricos para o mapa de conservação determinados pelo GT

AHP	Relevo ( <i>landforms</i> )	Potencial hidrogeológico	Uso do solo	Concentração de nascentes	Pesos
Relevo ( <i>landforms</i> )	1	4	3	3	30,7%
Potencial hidrogeológico	1/4	1	1/3	2	53,6%
Uso do solo	1/3	3	1	2	10,4%
Concentração de nascentes	1/3	1/2	1/2	1	5,3%

Fonte: Adaptado de PMMA-OP (2024)

O mapa de recuperação(Tabela 6) por sua vez manteve os mesmos critérios que o de conservação, porém, foi considerado o uso do solo como mais importante, seguido do potencial hidrogeológico, mapas de relevo(landforms) e concentração de nascentes, a AHP obteve uma CR igual a 0,05%.

**Tabela 6:** Matriz de pesos dos critérios do bloco proteção de solo e água para o mapa de recuperação determinados pelo GT

	Relevo ( <i>landforms</i> )	Potencial hidrogeológico	Uso do solo	Concentração de nascentes	Pesos
Relevo ( <i>landforms</i> )	1	4	3	3	11,8%
Potencial hidrogeológico	1/4	1	1/3	1/2	32,2%
Uso do solo	1/3	3	1	2	51,3%
Concentração de nascentes	1/3	2	1/2	1	4,7%

Fonte: adaptado de PMMA-OP(2024)

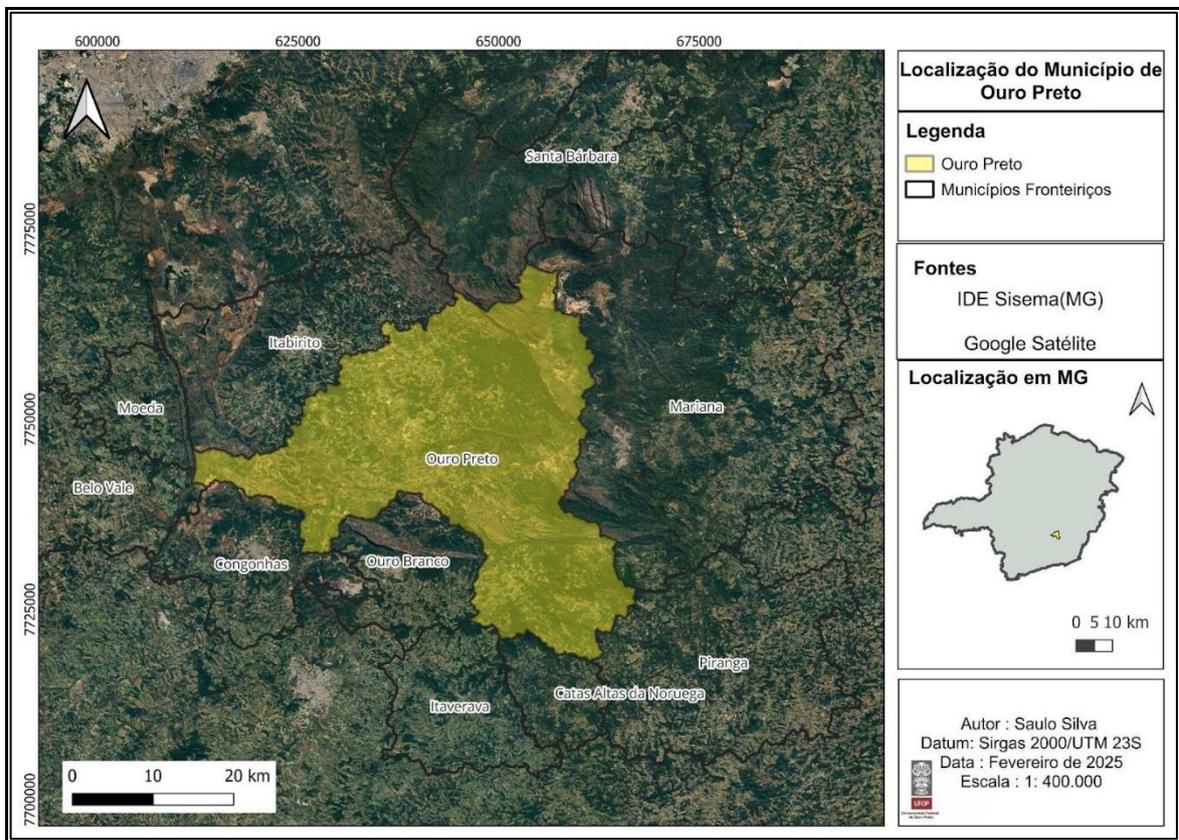
Por fim, após finalizada a AHP, foi acrescentado o valor de 0,5 unidades em cada pixel que compunham as bacias utilizadas para o abastecimento humano, uma vez que o GT entendeu com essas bacias merecem ter destaque na conservação. Assim, chegou-se ao mapa do bloco proteção de solo e água do mapa de conservação. (PMMA-OP,2024)

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Caracterização do Município

O município de Ouro Preto (Figura 1) encontra-se na Região Central de Minas Gerais, estando a aproximadamente 110 km da capital Belo Horizonte. Tem como coordenadas centrais 20°23'28"S e 43°30'20"O, Ouro Preto faz divisa com os municípios de Catas Altas da Noruega, Itaverava, Ouro Branco, Congonhas, Belo Vale, Piranga, Moeda, Mariana, Itabirito e Santa Bárbara (Prefeitura de Ouro Preto, 2020; IDE-SISEMA, 2024).

**Figura 1:** Localização do município de Ouro Preto

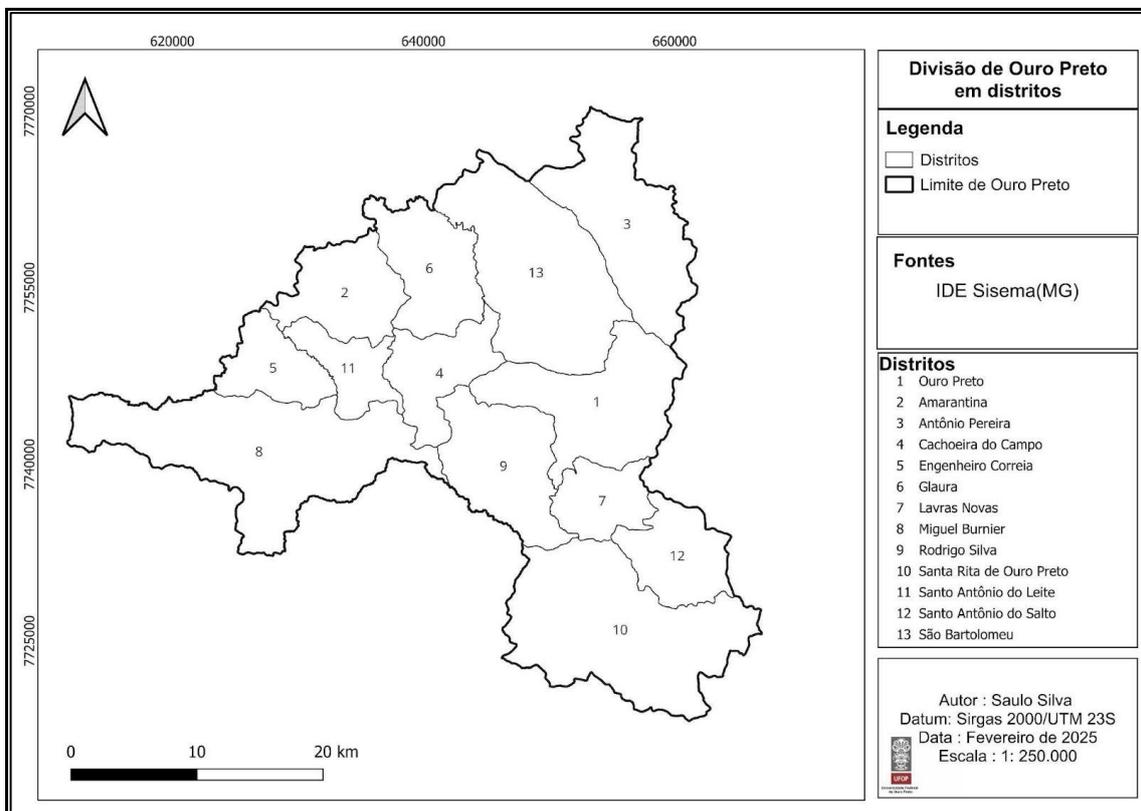


Fonte: O autor.

Com uma área territorial de 124.586,5 hectares e população de 74.821 habitantes (IBGE,2022), o município de Ouro Preto é dividido em 13 distritos (Figura 2), sendo eles Amarantina, Antônio Pereira, Cachoeira do Campo, Engenheiro Corrêa, Glaura, Lavras Novas,

Miguel Burnier, Rodrigo Silva, Santa Rita de Ouro Preto, Santo Antônio do Leite, Santo Antônio do Salto, São Bartolomeu e o distrito sede.

**Figura 2:** Divisão de Ouro Preto por distritos.



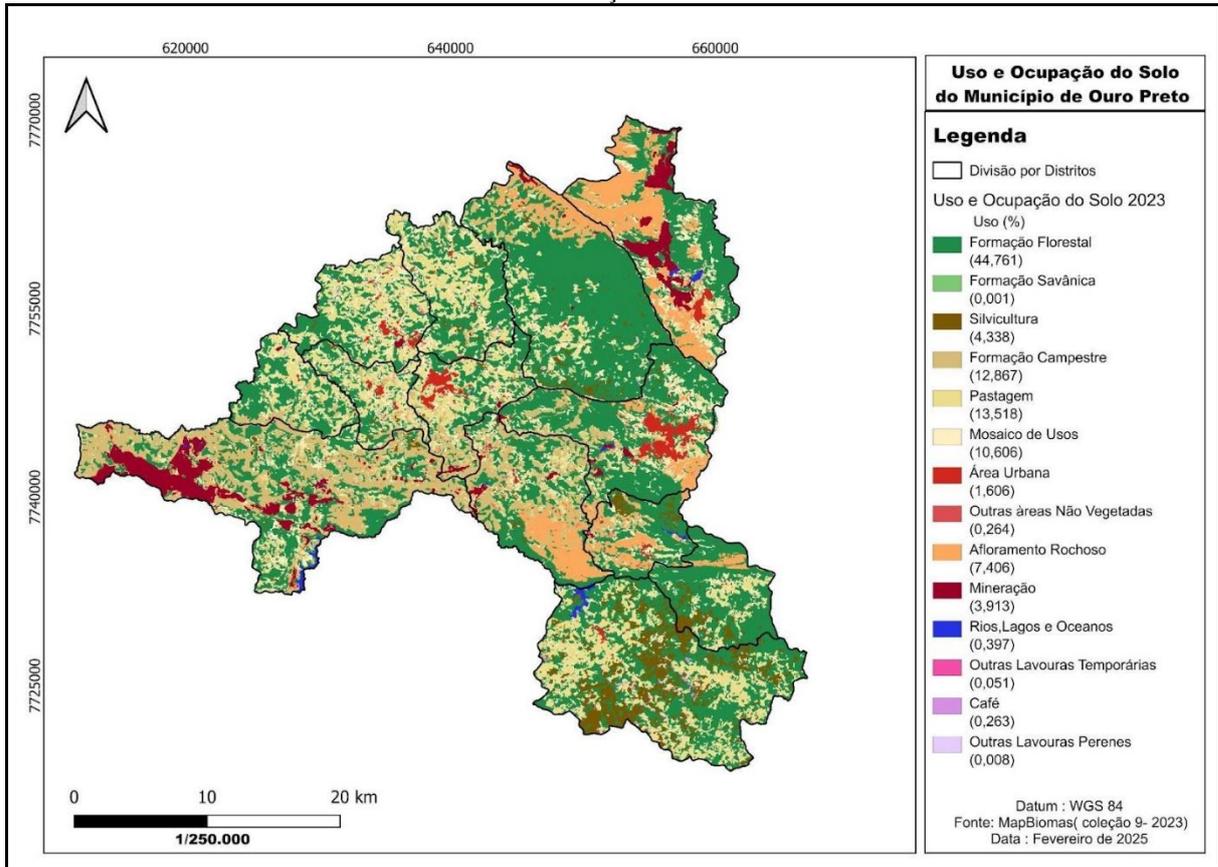
Fonte: O autor.

#### 4.1.1 Uso e ocupação do solo

O município está inserido no bioma da Mata Atlântica e apresenta 44,76% do território é composto de formação florestal (IBGE, 2024; MapBiomias, 2023). No entanto, Ouro Preto tem perdido áreas de formação florestal nativa ao longo das últimas décadas, sobretudo devido ao aumento das áreas de silvicultura, das áreas de mineração e da expansão urbana em seu território (Gaião e Castro, 2024).

A mineração está presente em grande parte dos distritos de Ouro Preto, sendo mais destacada nos distritos de Miguel Burnier e Antônio Pereira (Figura 3), cuja área corresponde a uma grande porção do território. Na classificação de uso do solo esses distritos também se destacam pela presença de afloramento rochoso. A silvicultura é predominante na região de Santa Rita de Ouro Preto, enquanto as áreas de pastagem ocupam sobretudo a porção noroeste do município.

**Figura 3:** Uso e ocupação do solo no município de Ouro Preto em 2023 de acordo com MapBiomias coleção 9



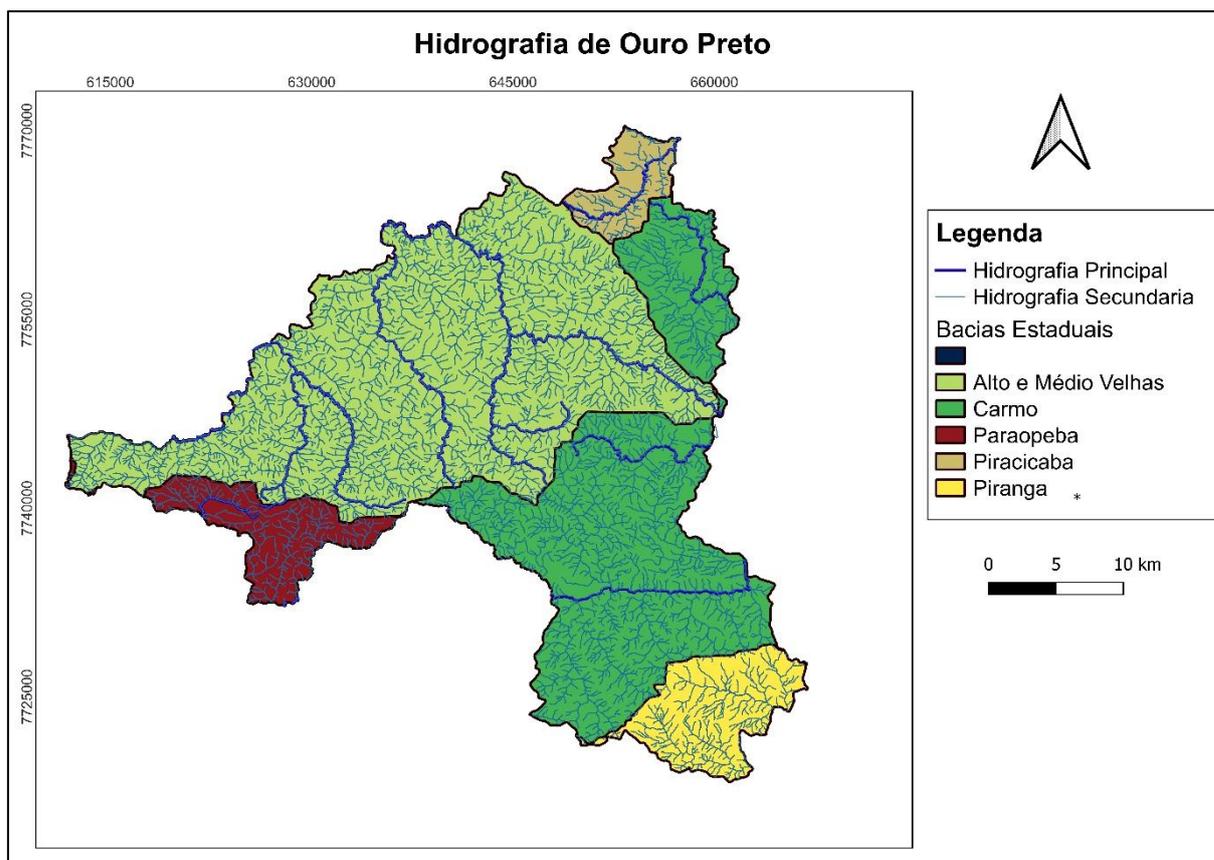
Fonte: O autor.

### 4.1.2 Hidrografia

O município de Ouro Preto situa-se em um divisor de águas que separa duas grandes bacias hidrográficas: a do rio Doce e a do rio São Francisco. O ribeirão do Carmo, uma das sub-bacias e nascentes do rio Doce, passa pelos municípios de Mariana e Ponte Nova, onde se une ao rio Piranga, formando o alto rio Doce (Lucon et al., 2011).

Já a bacia do São Francisco tem sua nascente principal no Parque Natural Municipal das Andorinhas (na sede do município), que é a nascente do rio das Velhas, um afluente do rio São Francisco (CBH velhas,2015). A bacia do rio das Velhas possui ao todo uma área de 27.850 km², com um total de 806,84 km de comprimento de rio, drenando 51 municípios mineiros, dentre eles cerca de 50% do abastecimento da região metropolitana de Belo Horizonte. O rio desagua no rio São Francisco em Barra do Guaicuí, Distrito de Várzea da Palma (IGAM, 2001; CBH velhas, 2015).

**Figura 4:** Hidrografia de Ouro Preto.



Fonte: O autor

### 4.1.3 Pedologia

Segundo o mapa dos solos elaborado pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e instituições parceiras, o município de Ouro Preto apresenta cinco tipos de solos de acordo com a classificação da Embrapa, sendo eles: Neossolo Litólico, Latossolo Vermelho - Amarelo, Latossolo Vermelho, Cambissolo Háptico, Argissolo Vermelho, além do afloramento rochoso (UFV et al., 2010).

O afloramento rochoso compreende as superfícies rochosas que sofreram forte desgaste. No caso de Ouro Preto, o afloramento rochoso apresenta vegetação de campo rupestre, se situa no distrito de Antônio Pereira, em porções isoladas mais elevadas do território com predominância de solos rasos (UFV et al., 2010; PMMA-OP, 2024).

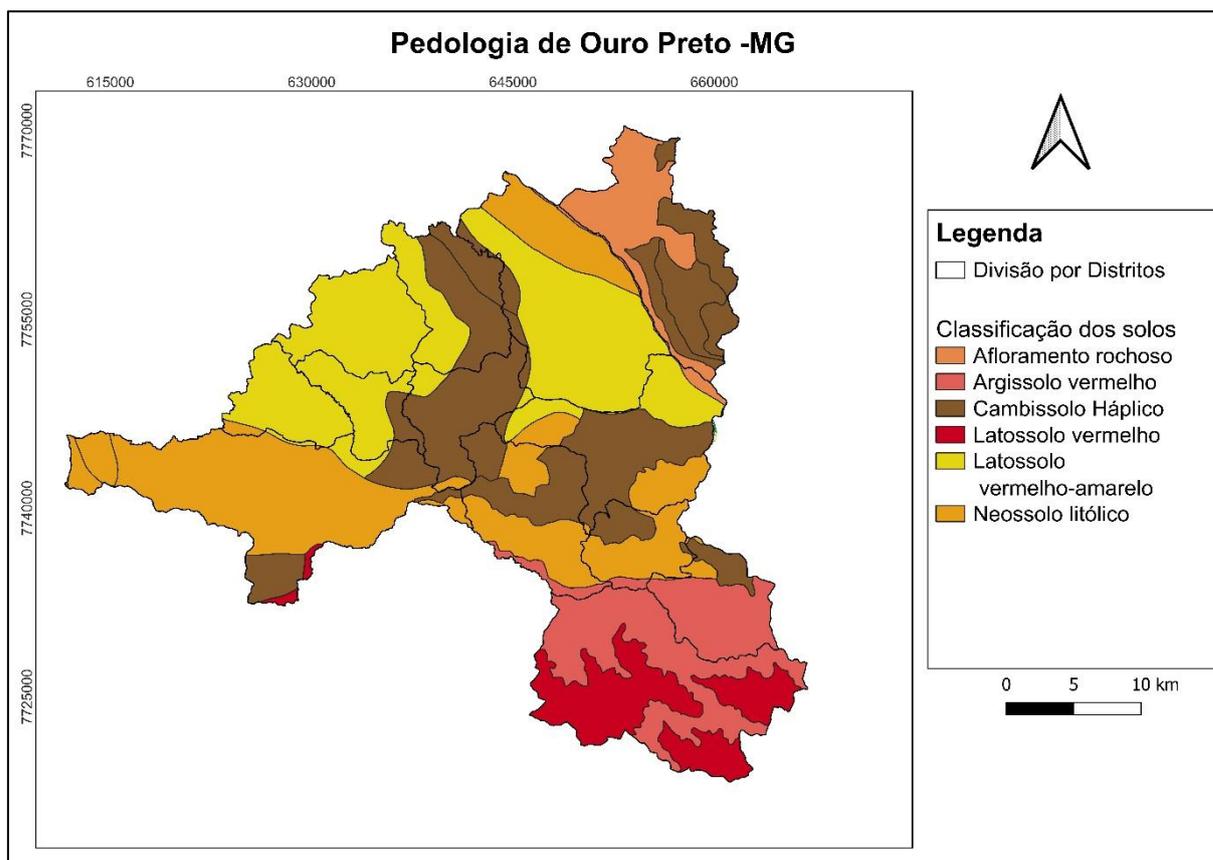
A porção do município classificada como Neossolo Litólico compreende quase a totalidade dos distritos de Miguel Burnier e Lavras Novas, e parte dos distritos Sede, Rodrigo Silva, Santo Antônio do Salto e uma pequena porção norte de São Bartolomeu. Normalmente são solos que ocupam regiões altas do território. Como o próprio nome sugere “neo” tem o sentido de novo,

sendo este o solo considerado novo que tenha passado por poucas modificações, constituídos de material mineral ou orgânico (UFV et al., 2010; Embrapa, 2018).

O Cambissolo Háplico está presente na maior parte da área de Cachoeira do campo, além de grandes porções dos distritos Sede, Antônio Pereira, Rodrigo Silva, Lavras Novas, Glaura e Santo Antônio do Salto (UFV et al., 2010). O Cambissolo Háplico, com seu prefixo “cambi” derivado do latim *cambiare*, que significa mudança, normalmente ocupa regiões de relevo acidentado e altitudes medianas no município, muitas vezes associado com Neossolos Litólicos e afloramentos rochosos, são solos de alta instabilidade aos processos erosivos que requerem manejo e conservação adequadas. Os Cambissolos são solos em transformação desenvolvidos de horizonte B incipiente em sequência a horizonte superficial de qualquer natureza (Embrapa, 2018).

Os Argissolos, por sua vez, são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de normalmente baixa atividade, podendo ser alta quando conjugada com a saturação (Embrapa, 2018). Esse tipo do solo está distribuído na parte sul do município, nos distritos de Santa Rita de Ouro Preto e Santo Antônio do Salto majoritariamente (UFV et al., 2010).

Por fim, os Latossolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico, que tenha como qualquer tipo de horizonte A, a camada acima dele (Embrapa, 2018). São encontrados dois tipos de Latossolo dentro do município, o Latossolo Vermelho se encontra no distrito de Santa Rita de Ouro Preto, na parte sua de Ouro Preto, enquanto o Latossolo Vermelho-Amarelo se localiza a noroeste do município. Assim como o Argissolo Vermelho, tendem a ocupar as porções de menor altitude do município. Na Figura 5 está mostrada a distribuição dos solos no município.

**Figura 5:** Tipos de solo do município de Ouro Preto-MG

Fonte: O autor

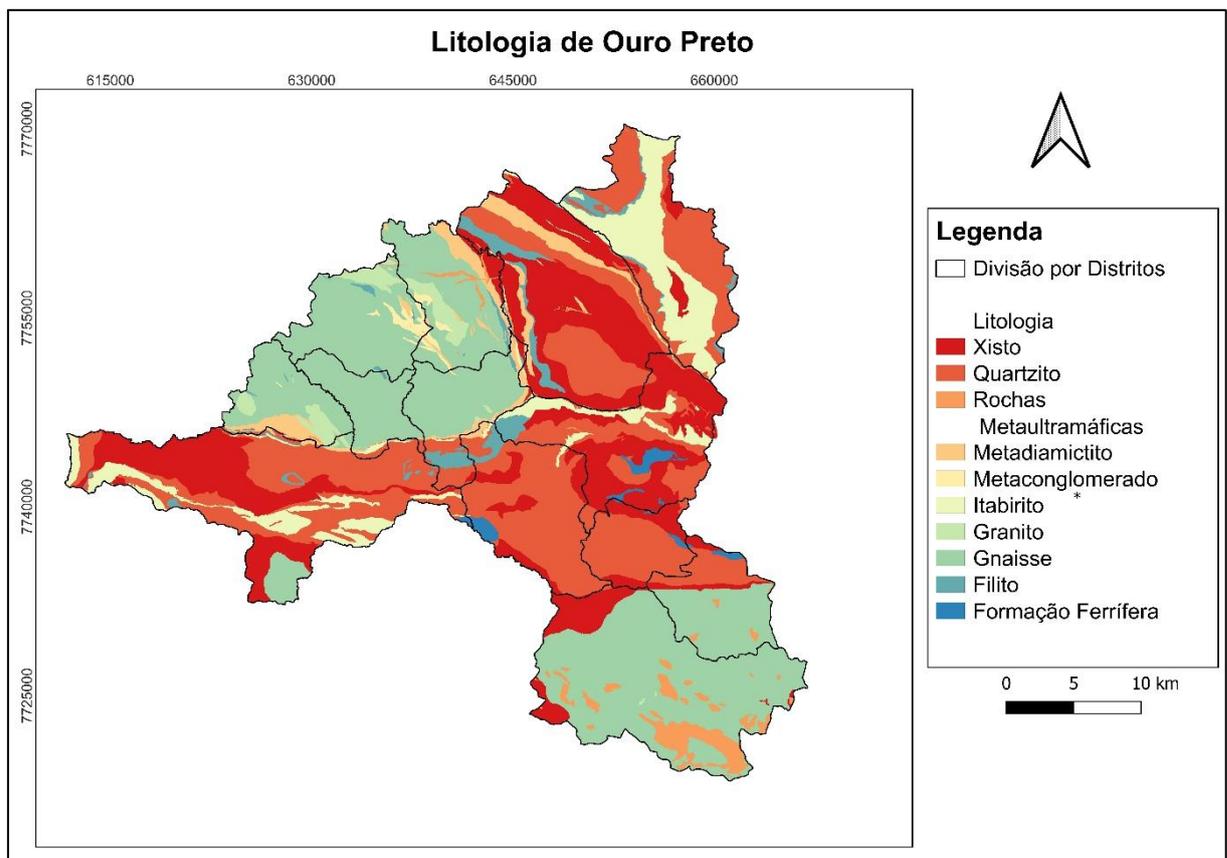
#### 4.1.4 Litologia

A estrutura geológica do município de Ouro Preto pode ser agrupada em quatro unidades litoestratigráficas, datadas das eras arqueano e paleoproterozoico, sendo elas formadas por: rochas granito-gnáissicas e metavulcanossedimentares que compõem os Complexos Metamórficos do Bação e Monsenhor Isidro e a Suíte Alto Maranhão; as rochas supracrustais do supergrupo Rio das Velhas; as sequências metassedimentares que compõem o Supergrupo Minas e os quartzitos do Grupo Itacolomi (Ferreira e Bacellar 2010; Varajão *et al.* 2009).

Ferreira e Bacellar (2010) estudaram a geologia local com o intuito de observar a capacidade hidrogeológica, ou seja, de armazenar e transmitir água, das diferentes rochas que o município abrange. Entre os sistemas aquíferos identificados neste estudo, destacam-se os itabiritos da Formação Cauê, importante aquífero de porosidade fissural e intergranular em alguns pontos que apresenta elevada capacidade de armazenamento e condutividade; os dolomitos da Formação Gandarela, que contém aquíferos do tipo cárstico; e os xistos e os quartzitos dos Grupos Piracicaba e Sabará, que formam aquíferos e aquíferos quartzíticos com

alta porosidade e permeabilidade, apresentando alto coeficiente de armazenamento em determinados locais. Existe um conflito socioeconômico e ambiental no território relacionado ao interesse mineral, sobretudo nos itabiritos, que contém os principais aquíferos da região, tendo em vista que a sua mineração extrai parte substancial das camadas que armazenam a água e rebaixam o lençol freático (Figueiredo, 2021; Gaião e Castro, 2024). O mapa exemplificando a diversidade litológica do município está representado na Figura 6.

**Figura 6:** Litologia de Ouro Preto



Fonte: O autor.

## 4.2 Metodologia Alternativa para o mapa de água e solo

Neste trabalho, foram propostos ajustes nos critérios utilizados para o desenvolvimento do bloco de proteção de solo e água. Foram propostos ajustes relacionados às áreas de abastecimento humano, concentração de nascentes e áreas de abastecimento, além de inserir um critério de potencial de recarga hídrica do solo que foi agrupado com o potencial

hidrogeológico e o relevo (*landforms*), formando o critério recarga hídrica por meio do método AHP.

Para facilitar a análise dos dados, os mapas foram reclassificados na escala de 1 a 5 por grau de prioridade para a conservação ou recuperação, sendo 1 a prioridade mais baixa e 5 a prioridade mais alta. Essa divisão serviu como base para observar de forma mais clara, sintetizando em 5 ao invés de 10 classes.

#### **4.2.1 Mapa de áreas para o abastecimento humano**

O critério áreas para o abastecimento humano desenvolvido pelo PMMA-OP foi feito com base nos pontos de captação da empresa Saneouro, responsável pela distribuição de água no município. À princípio, esse dado foi construído como uma estimativa da área de captação da bacia a partir de cada ponto.

No entanto, o município de Ouro Preto se encontra em revisão de seu plano diretor e, após o desenvolvimento do PMMA-OP, foi apresentada à sociedade uma base de dados geoespaciais que contém os produtos do plano, dentre outras informações para análise. Entre os produtos, há o dado das bacias para captação superficial, feita em conjunto entre a empresa Saneouro e a Fundação Gorceix.

Na metodologia alternativa foi substituído o mapa feito pela Prefeitura Municipal pelo mapa desenvolvido na Fundação Gorceix, além de alterar o valor da soma de 0,5 para 1,0, dando maior importância para essas áreas tanto para conservação quanto para recuperação.

#### **4.2.2 Mapa de distância até as nascentes**

O mapa de concentração de nascentes feito para o PMMA-OP foi desenvolvido utilizando a técnica de mapa de calor (mapa de densidade de Kernel), com o raio de 500 metros de raio. Como metodologia alternativa, foi sugerido estabelecer os pesos desse critério a partir da distância euclidiana entre as nascentes. Essa sugestão foi feita pois, como o raio do mapa de Kernel é um dado arbitrário, o uso da distância euclidiana se faz mais padronizado, evitando mudanças bruscas em futuras revisões do plano.

A distância euclidiana entre as nascentes variou de 0 a aproximadamente 3562 metros. A lógica utilizada para classificação do raster foi o de valorização das áreas de proximidade de nascentes. Assim, considerou-se como a nota máxima para o critério estabelecido na Lei 12.651, que rege a proteção da vegetação nativa. Segundo essa lei: “as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros” (Brasil, 2012).

Desta forma, optou-se por considerar como peso igual a 10 nas áreas até 75 metros da distância da nascente, considerando o valor estabelecido em lei adicionado de uma margem de erro da metade do valor para qualquer distorção que possa ter ocorrido durante o processo. Este valor serviu como base para determinar os demais pesos. Foi considerado a distância de até 10 vezes a medida do valor para classe seguinte, o dobro para classe abaixo dela e o mínimo para os valores restantes, já que a partir seria uma distância muito elevada (Tabela 7).

**Tabela 7:** Homogeneização dos pesos para o critério de distância até nascentes

<b>Nascentes</b>	
<b>Distância(m)</b>	<b>Peso (Conservação)</b>
0 – 75	10
75 – 750	7
750 – 1500	3
1500 – max	1

Fonte: O autor.

### 4.2.3 Mapa de recarga hídrica

No PCRH elaborado por Gaião e Castro (2024) também foi feita a classificação de permeabilidade dos solos. Os autores fizeram uma revisão bibliográfica de pesquisas e artigos que contivessem amostras de solo correspondentes a cada tipo de solo encontrado em Ouro Preto e, a partir dessas informações, foi possível fazer a classificação com base no diagrama triangular de classes texturais de solos. Por fim, cada classe de solo recebeu um peso de importância para recarga hídrica (Tabela 8).

**Tabela 8:** Classificação dos pesos de solo para potencial hídrico

<b>Classificação do Potencial Hídrico dos Solos</b>	
<b>Tipo de Solo</b>	<b>Gaião e Castro(2024)</b>
Afloramento Rochoso	3
Neossolo	9
Cambissolo	7
Argissolo	5
Latossolo	5

Fonte: O autor.

Então, foi feita uma análise multicritério segundo o método AHP utilizando os mapas para potencial hidrogeológico, relevo (*landforms*) e o mapa obtido após a reclassificação do tipo de solo para os pesos. Os pesos estabelecidos segundo o critério de Saaty foram obtidos a partir da consulta com especialistas (Tabela 9).

**Tabela 9:** Critérios estabelecidos para o mapa de recarga hídrica

<b>Recarga Hídrica</b>				
<b>AHP</b>	<b>Potencial Hidrogeológico</b>	<b>Landforms</b>	<b>Potencial Hídrico do solo</b>	<b>Peso(%)</b>
Potencial Hidrogeológico	1	2	3	53,96
Landforms	1/2(0,5)	1	2	29,70
Potencial hídrico do solo	1/3(0,33)	1/2(0,5)	1	16,34

Fonte: O autor.

#### 4.2.4 Mapa alternativo de proteção da água e solo

Dessa forma, a AHP proposta no plano teria que ser alterada, visto que um critério diminuiria, necessitando o rearranjo dos pesos. Após consulta a especialistas, a metodologia para este trabalho considerou a recarga hídrica como o critério mais importante para conservação, seguindo a mesma lógica da classificação do plano, já que o relevo (*landform*) e o potencial hidrogeológico eram os maiores pesos na AHP.

O rearranjo dos pesos para conservação considerou o critério da recarga hídrica 2 vezes mais importante que o uso do solo e 7 vezes mais importante que o mapa de nascentes. Já a comparação do uso do solo com as nascentes, considerou o uso do solo como 5 vezes mais

importante que as nascentes, obtendo uma taxa de consistência de 1,5%. Os pesos estão informados na Tabela 10.

**Tabela 10:** Pesos para a AHP da conservação de água e solo com o critério recarga hídrica

<b>Conservação</b>				
<b>AHP</b>	Recarga Hídrica	Uso do Solo	Nascentes	<b>Pesos(%)</b>
Recarga Hídrica	1	2	7	59,2
Uso do Solo	1/2 (0,5)	1	5	33,3
Nascentes	1/7 (0,14)	1/5 (0,20)	1	7,5
Áreas para abastecimento: soma 1,0 na média após AHP				100

Fonte: O autor

Assim como feito no mapa de conservação, o mapa de recuperação também manteve a hierarquia utilizada no plano, considerando o uso do solo como o critério mais importante para a recuperação.

O uso do solo foi considerado como 2 vezes mais importante que a recarga hídrica e 9 vezes mais importante que o mapas de nascentes, enquanto a recarga hídrica foi considerada 7 vezes mais importante que as nascentes, obtendo uma taxa de consistência de 2,3%. Os pesos estão informados na Tabela 1.

**Tabela 11:** Pesos para a AHP de recuperação de água e solo da metodologia alternativa

<b>Recuperação</b>				
<b>AHP</b>	Recarga Hídrica	Uso do Solo	Nascentes	<b>Pesos(%)</b>
Recarga Hídrica	1	1/2(0,5)	7	34,6
Uso do Solo	2	1	9	59,7
Nascentes	1/7 (0,14)	1/9 (0,11)	1	5,7
Áreas para abastecimento: soma 1,0 na média após AHP				100

Fonte: O autor

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Recarga hídrica

O mapa de recarga hídrica não apresentou valores menores que 2. Os valores mais altos (classes 4 e 5) se distribuíram no mapa a nordeste (no distrito de Antônio Pereira) e formando uma linha que vai de leste a oeste, englobando grande parte dos distritos sede e lavras novas, passando pelos distritos de Rodrigo Silva, Miguel Burnier e a parte sul de Cachoeira do Campo (Figura 7).

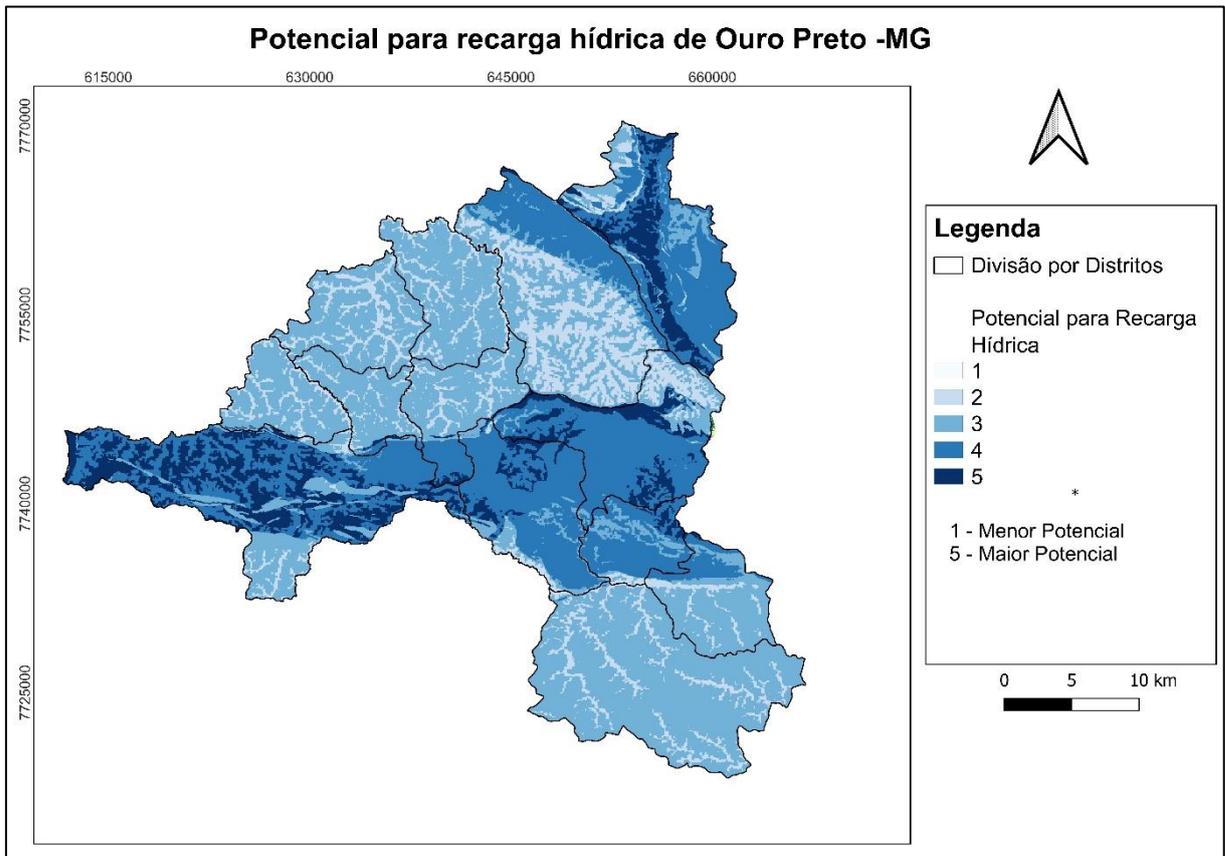
O distrito de Antônio Pereira se destacou por ter grande parte do território na formação Cauê, além de ter menos áreas de vale, com mais áreas de declive, pico e montanha. Além disso, o solo do distrito de Antônio Pereira, a sul do distrito, é do tipo Cambissolo, que apresenta bom resultado para recarga.

Já a linha que vai de leste a oeste no município está predominantemente composta pelos grupos Sabará e Piracicaba, que apresentam uma recarga menor que o potencial da formação Cauê, mas ainda elevado. As áreas de alta recarga situadas no sul do distrito de Rodrigo Silva e no distrito de Lavras Novas estão situadas no grupo Itacolomi, que apresenta potencial mediano para a recarga. No entanto, essas áreas estão inseridas majoritariamente nas formas de relevo pico, montanha e declive superior, além de apresentarem o Neossolo para classificação do solo da região.

Os valores de classe média a baixa (classes 2 e 3) se distribuíram na porção sul do município nos distritos de Santa Rita de Ouro Preto e Santo Antônio do Salto, com predominância de valores 3, com pequenas porções de valores mais baixos. O mesmo comportamento se repete nos distritos Engenheiro Corrêa, Amarantina, Glaura, Santo Antônio do Leite e porção norte de Cachoeira do Campo. Essas áreas são as zonas coincidentes para baixo potencial de recarga litológica e do solo.

Por fim, o distrito de São Bartolomeu apresentou maior área de classe 2 que os demais distritos. No entanto, a norte apresentou valores maiores influenciadas pelo tipo litológico e do solo.

**Figura 7:** Potencial de Recarga Hídrica para o município de Ouro Preto-MG.



Fonte: O autor.

## 5.2 Mapas de conservação

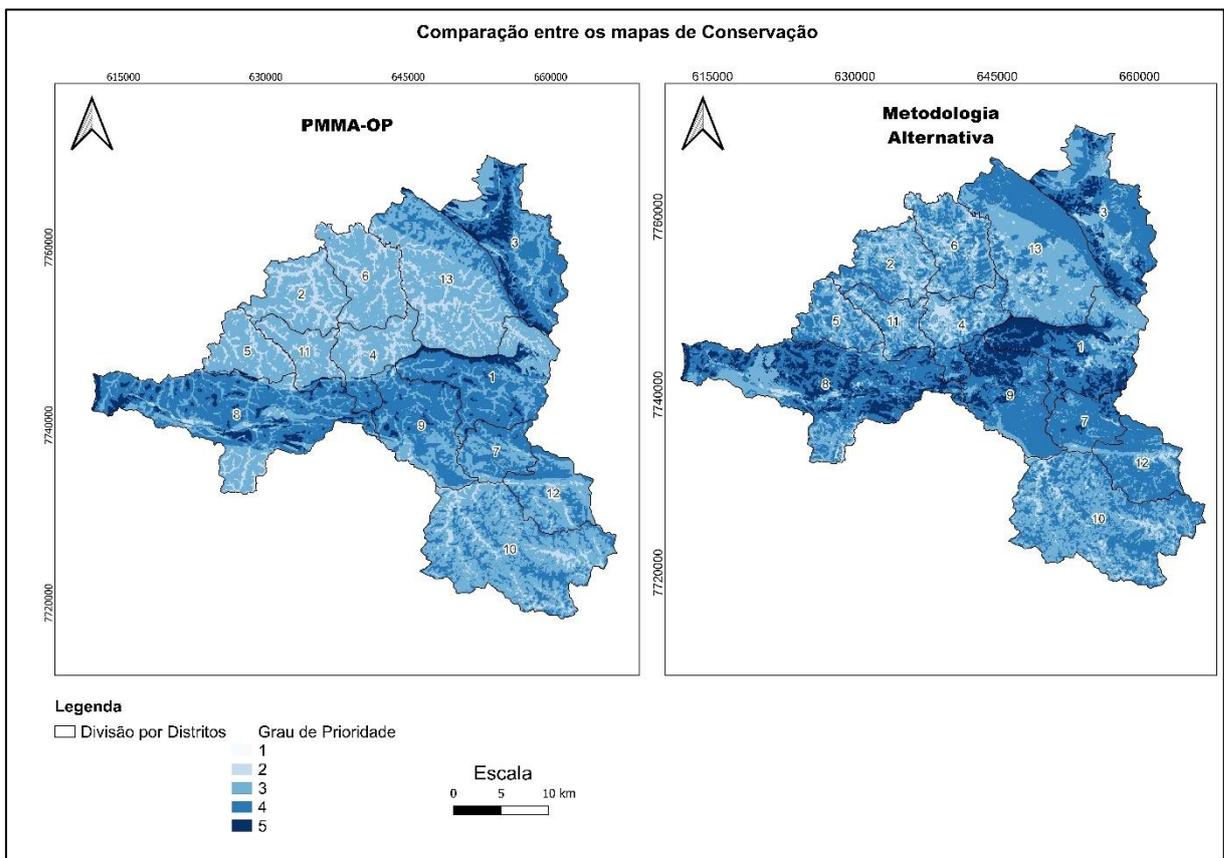
Em ambos os mapas (PMMA-OP e alternativo) as características mais marcantes foram com os critérios de potencial hidrogeológico e *Landforms*, enaltecendo as mesmas regiões presentes no critério de recarga hídrica (embora a versão do PMMA-OP não tenha usado o potencial de recarga do solo).

O mapa feito no PMMA-OP manteve o mesmo cinturão apresentado no mapa de recarga hídrica com algumas mudanças exercidas pelos pesos delimitados ao uso do solo: as áreas de pastagem, urbanização e mineração ajudaram diminuir a prioridade de conservação hídrica, fazendo os valores mudarem uma classe para baixo se comparadas ao mapa de recarga hídrica.

Essa combinação fez com que o critério *Landforms* fosse determinante para a determinação da classe. As classes 4 e 5 predominaram nas regiões mais altas, enquanto as regiões mais baixas – antes classificadas com valores maiores – diminuíram uma ou duas classes.

O mapa da metodologia alternativa por sua vez, obteve uma distribuição um pouco diferente da apresentada no PMMA-OP, nessa nova classificação as áreas com o grau 5 se mantiveram em regiões muito parecidas com as delimitadas no PMMA-OP, no entanto as notas de grau 4 ficaram mais distribuídas no território ouropretano, com destaque para os distritos que ficaram fora do cinturão e do distrito de Antônio Pereira, que antes apresentavam a nota 3 como predominante e agora apresentam em sua área uma maior distribuição das áreas de classe 4. A figura 8 apresenta a comparação entre os mapas.

**Figura 8:** Comparação entre os mapas de conservação



Fonte: O autor.

Para o mapa de conservação do PMMA-OP, percebe-se que as notas de 6 a 8 foram majoritárias dentro do município. Já para o mapa desenvolvido para metodologia alternativa a prioridade de grau 4 foi a mais hegemônica no mapa, correspondendo a 46,4% do município.

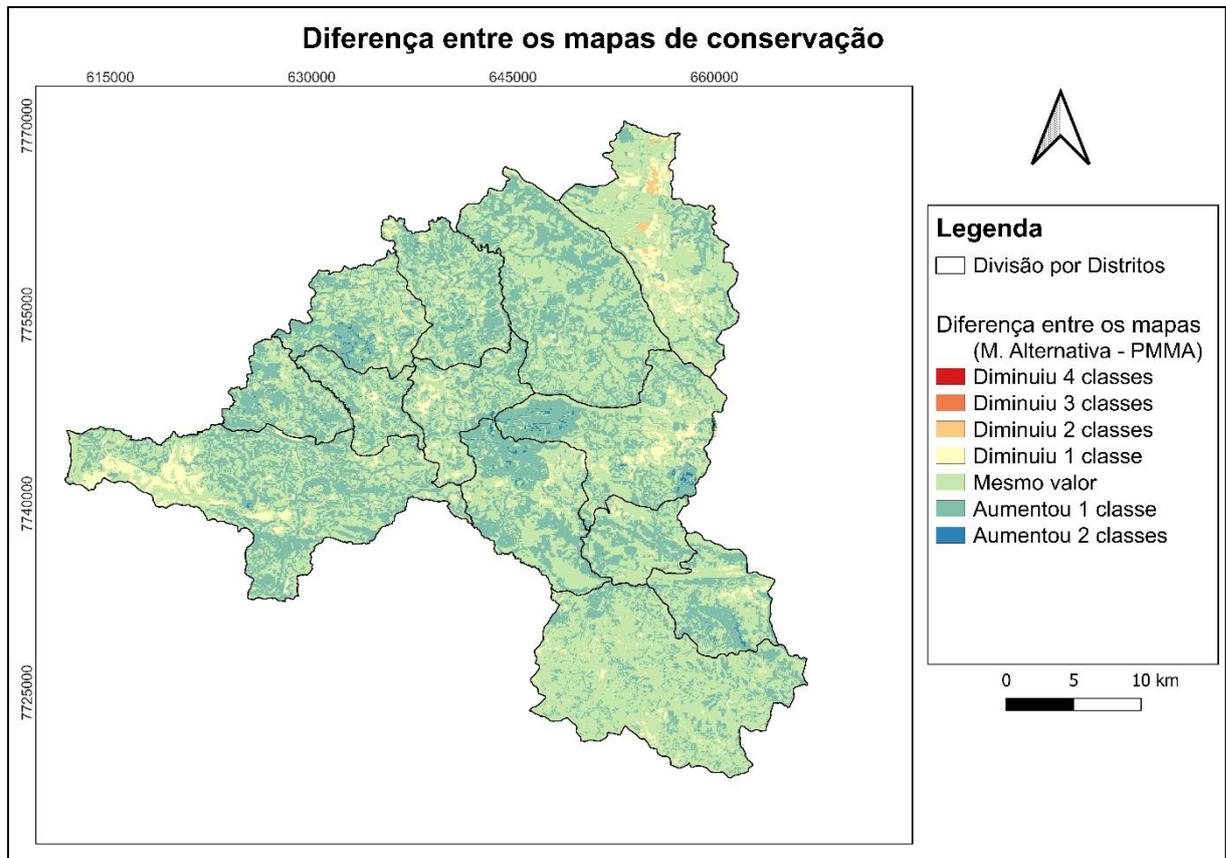
Os valores que se encaixam nas classes 2 e 3 foram menores se comparadas ao PMMA-OP. Os valores das classes 2 e 3 passaram a compor áreas de valores maiores. Na Tabela 12 está a distribuição dos valores por área e é possível ver um aumento das áreas de grau de prioridade 4 e 5.

**Tabela 12:** Distribuição das notas dos mapas de conservação

Grau de Prioridade	PMMA-OP		Metodologia Alternativa	
	Área (hectare)	Porcentagem (%)	Área (hectare)	Porcentagem (%)
1	0	0	57,31	0,0
2	13976,73	11,2	8354,23	6,7
3	64753,57	52	45283,39	36,4
4	39558,79	31,8	57747,61	46,4
5	6178,87	5,0	13118,45	10,5
<b>Total</b>	<b>124467,96</b>	<b>100</b>	<b>124560,99</b>	<b>100</b>

Fonte: O autor.

Na Figura 9 está mostrada a anomalia (diferença) dos valores das classes ao comparar as duas metodologias. A partir dela é possível notar que houve poucas mudanças entre o mapa alternativo em comparação ao PMMA-OP, já que a maioria dos pixels permaneceu na mesma classe ou elevando em uma classe o grau de prioridade. Ou seja, a metodologia alternativa não provocou uma mudança que tornasse o resultado completamente discrepante da metodologia anterior.

**Figura 9:** Diferença entre os mapas de conservação

Fonte: O autor.

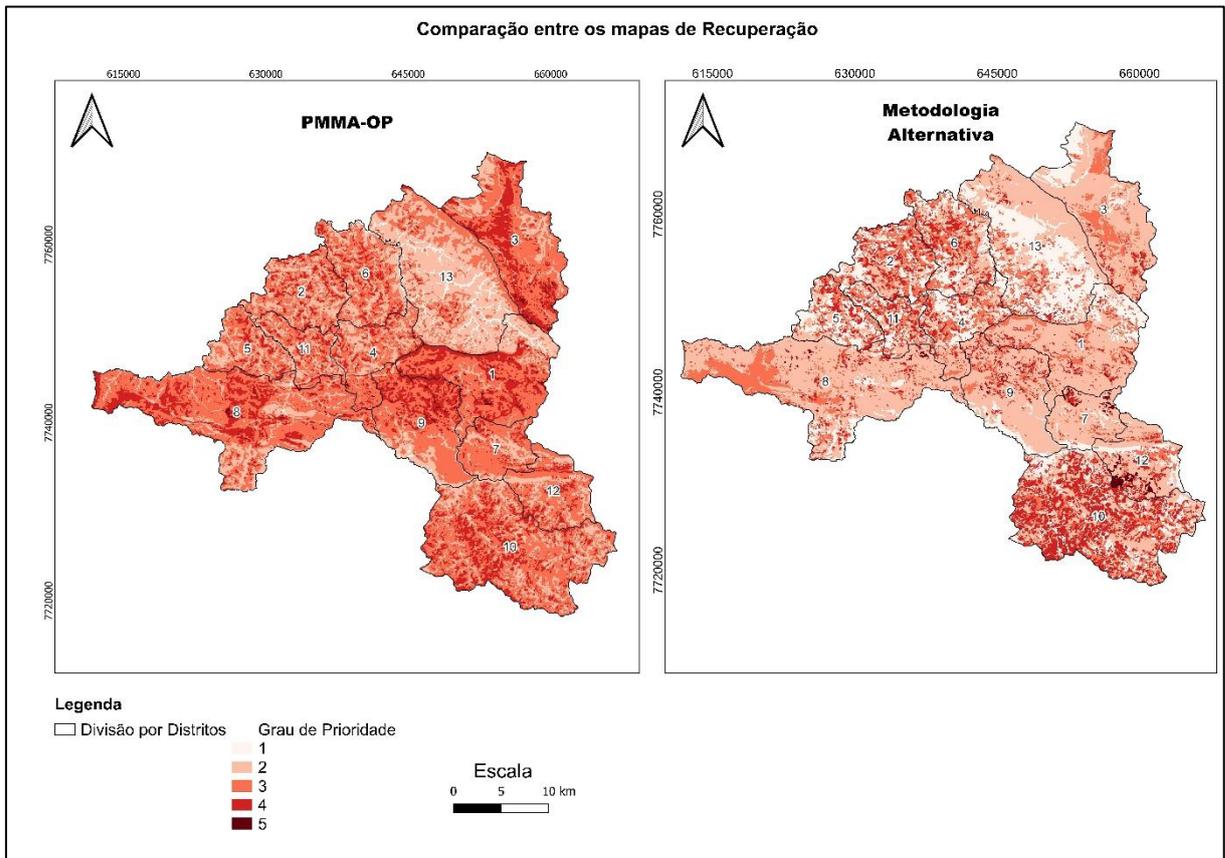
### 5.3 Mapas de recuperação

Comparado com o mapa das áreas prioritárias para conservação feito pelo PMMA-OP, o mapa de recuperação considerou muitas áreas como grau máximo idênticas ao mapa de conservação, dando destaque para o mesmo cinturão indo de leste a oeste e para região do distrito de Antônio Pereira. No entanto, as áreas de pastagem e silvicultura no Sul e a Noroeste do município também foram elencadas como prioridade alta e muito alta.

O distrito de São Bartolomeu se destacou por apresentar uma distribuição menos heterogênea, sendo identificadas mais facilmente as áreas de potencial médio e baixo.

O mapa feito pela metodologia alternativa por sua vez, teve um peso maior para o uso do solo o que interferiu no resultado final. O mapa de recuperação destacou as mesmas áreas a sul e a noroeste. Porém, essas áreas se destacaram como prioritárias se comparadas ao mapa do PMMA-OP, visto que no mapa do PMMA-OP as áreas de alta e média prioridade estão bem espalhadas durante todo o território. A figura 10 faz o comparativo entre os mapas.

**Figura 10:** Comparação entre os mapas de recuperação



Fonte: O autor.

A distribuição dos valores por área (Tabela 13) destaca que área do município no mapa feito pelo PMMA-OP foi considerada majoritariamente como grau médio a baixo (2 e 3). No entanto esses valores foram menores se comparados com os exibidos pela metodologia alternativa, cujo a maioria das notas figuraram nas classes 1 e 2, correspondendo a 68% do município.

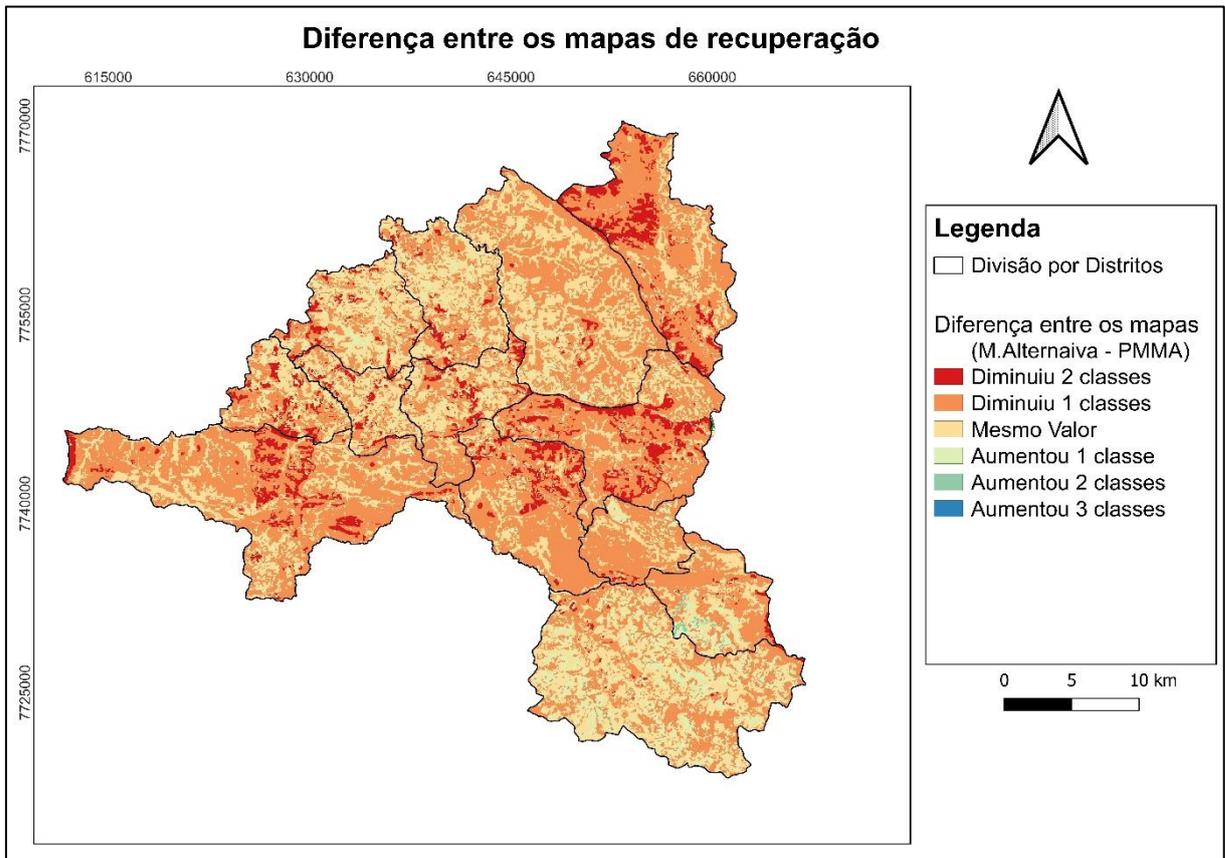
Na figura 11, que exhibe a diferença de nota entre os mapas dentro do município, fica nítido que as áreas que tiveram maior diminuição são os locais que ficaram com notas altas tanto no PMMA-OP quanto na metodologia alternativa. As regiões a sul do município, foram as menos discrepantes, permanecendo no mesmo valor ou aumentando uma classe. As demais regiões apresentaram áreas em que se houve a diminuição de 2 classes, bem espalhadas dentro do município, porém mais evidentes em Antônio Pereira, Miguel Burnier e no distrito sede.

**Tabela 13:** Distribuição das notas por área do mapa de recuperação

<b>Grau de Prioridade</b>	<b>PMMA-OP</b>		<b>Metodologia Alternativa</b>	
	<b>Área (hectare)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>	<b>Área (hectare)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
1	1916,18	1,54	26423,79	21,23
2	35216,16	28,31	57940,16	46,56
3	63428,88	51,00	22989,97	18,47
4	23026,21	18,51	16195,19	13,01
5	789,97	0,64	889,85	0,72
<b>Total</b>	<b>124377,40</b>	<b>100</b>	<b>124438,97</b>	<b>100</b>

Fonte: O autor.

**Figura 11:** Diferença entre os mapas de recuperação



Fonte: O autor.

## 6 CONCLUSÃO

O critério de recarga hídrica representou bem as regiões de maior recarga no município, destacou como mais importantes as regiões de maior capacidade de armazenamento de água subterrânea e a região da serra de Ouro Preto, divisa entre as duas bacias.

No entanto, mais pesquisas com amostras de solo do município, bem como dados como infiltração, escoamento e precipitação, ajudariam o município a fazer um diagnóstico mais apurado sobre a dinâmica do ciclo da água como um todo na região.

As nascentes e o potencial do solo não foram determinantes para a classificação final das notas, visto que o resultado visual para o mapa de conservação, que o rearranjo das notas para fazer a AHP com um critério a menos elevou o peso do uso do solo obteve uma maior influência no mapa da metodologia alternativa que na metodologia elaborada pelo PMMA-OP.

No entanto, o uso da metodologia alternativa se fez eficiente na proposta de delimitar áreas prioritárias para conservação e recuperação, principalmente no mapa de recuperação, onde fica mais fácil identificar as áreas para uma tomada inicial de decisão.

Pela metodologia alternativa pode-se dizer que as áreas prioritárias são:

- **Conservação:** A região da serra de Ouro Preto, a região sul de Cachoeira do Campo, as regiões a norte de Rodrigo Silva, Área de Proteção Ambiental das Andorinhas (APA andorinhas) e do distrito de Antônio Pereira; a Serra de Ouro Preto e regiões que ainda não foram mineradas no distrito de Miguel Burnier.
- **Recuperação:** Áreas de pastagem e silvicultura, a noroeste, nos distritos de: Amarantina, Glaura, Engenheiro Corrêa, Santo Antônio do Leite e parte de Cachoeira; e a sul, nos distritos de: Santa Rita e Santo Antônio do Salto.

Para futuros trabalhos pode se pensar a reconfiguração dos pesos para uso do solo, levando em consideração alterações do mesmo, mas também revisões em quanto a impactos causados e novas variáveis a serem postas.

Também é aconselhável a produção de dados primários para resultados mais precisos e atualizados.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cavalcante, R. B. L., Nunes, S., Viademonte, S., Rodrigues, C. M. F., Gomes, W. C., da Silva Ferreira Jr, J., ... & Nascimento Jr, W. R. (2022). Multicriteria approach to prioritize forest restoration areas for biodiversity conservation in the eastern Amazon. *Journal of Environmental Management*, 318, 115590.

Chaabane, F. Z., Lamine, S., Guettouche, M. S., Bachari, N. E. I., & Hallal, N. (2024). Landslide risk assessments through Multicriteria Analysis. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(9), 303.

Crouzeilles, R., Ferreira, M. S., Chazdon, R. L., Lindenmayer, D. B., Sansevero, J. B., Monteiro, L., ... & Strassburg, B. B. (2017). Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. *Science advances*, 3(11), e1701345.

Davies, A. L., Bryce, R., & Redpath, S. M. (2013). Use of multicriteria decision analysis to address conservation conflicts. *Conservation Biology*, 27(5), 936-944.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. Restauração da floresta. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/causas/restauracao-da-floresta>. Acesso em: 21 abr. 2025.

GAIÃO, L. M.; CASTRO, P. de T. A. Método de Avaliação Espacial do Potencial para a Conservação dos Recursos Hídricos e Resposta Hidrológica às Mudanças no Uso e Cobertura da Terra no Município de Ouro Preto, MG. Nota Técnica para a Prefeitura Municipal de Ouro Preto, Ouro Preto, 36 p. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades e Estados: Ouro Preto – MG. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/ouro-preto.html>. Acesso em: 09 de Setembro de 2024

Moffett, A., & Sarkar, S. (2006). Incorporating multiple criteria into the design of conservation area networks: a minireview with recommendations. *Diversity and Distributions*, 12(2), 125-137.

OURO PRETO (Município). Instituto Estadual de Florestas – IEF; CONSANE Consultoria. *Plano Municipal da Mata Atlântica de Ouro Preto*. Manuscrito ainda não publicado. Ouro Preto: Prefeitura Municipal de Ouro Preto, 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE OURO PRETO. Informações gerais. Disponível em: <https://www.ouopreto.mg.gov.br/informacoes-gerais>. Acesso em: 10 de Outubro de 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE OURO PRETO. WebGIS – Sistema de Informações Geográficas. Disponível em: <https://webgis.ouopreto.mg.gov.br/>. Acesso em: 10 de Outubro de 2024.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83. 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>>. Acesso em maio de 2024.

SAATY, T.L. *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill, New York. ISBN – 9780070543713, 1980.

Theobald, D. M., Harrison-Atlas, D., Monahan, W. B., & Albano, C. M. (2015). Ecologically-relevant maps of landforms and physiographic diversity for climate adaptation planning. *PloS one*, 10(12), [e0143619](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143619)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA; FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS; UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS; FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. *Mapa de solos do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010

Zani, L. H. S., Lopes, T. R., Damaceno, F. M., Miranda, Y. C., Kozak, C., & Tartari, R. (2024). Identification of priority areas for water conservation in the Alto Iguaçu basin, Brazil. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 20(4), 1087-1098.