



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA URBANA



Natasha Rodrigues Vitorino Carvalho Tenório

**Gestão Integrada de Saneamento Básico e Planejamento
Urbano: Propostas para Mitigação de Microplásticos nos
Cursos d'Água de Ouro Preto - MG**

Ouro Preto

2026

Natasha Rodrigues Vitorino Carvalho Tenório

Gestão Integrada de Saneamento Básico e Planejamento
Urbano: Propostas para Mitigação de Microplásticos nos
Cursos d'Água de Ouro Preto - MG

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

Orientadora: Dra. Tamara Daiane de Souza

Ouro Preto

2026

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

T295g Tenorio, Natasha Rodrigues Vitorino Carvalho.
Gestão integrada de saneamento básico e planejamento urbano
[manuscrito]: propostas para mitigação de microplásticos nos cursos
d'água de Ouro Preto - MG. / Natasha Rodrigues Vitorino Carvalho
Tenorio. - 2026.
53 f.

Orientadora: Profa. Dra. Tamara Daiane de Souza.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Graduação em Engenharia Urbana .

1. Planejamento urbano. 2. Saneamento Básico. 3. Solo urbano - Uso.
4. Plásticos. I. Souza, Tamara Daiane de. II. Universidade Federal de Ouro
Preto. III. Título.

CDU 62:711.4

Bibliotecário(a) Responsável: Soraya Fernanda Ferreira e Souza - CRB6/2322



FOLHA DE APROVAÇÃO

Natasha Rodrigues Vitorino Carvalho Tenório

Gestão Integrada de Saneamento Básico e Planejamento Urbano: Propostas para Mitigação de Microplásticos nos Cursos d'Água de Ouro Preto - MG

Projeto Final de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Urbana da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Urbana

Aprovada em 29 de julho de 2026

Membros da banca

Professora Doutora - Tamara Daiane de Souza - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Professor Doutor - Aníbal da Fonseca Santiago (Universidade Federal de Ouro Preto)
Professora Doutora - Grazielle Rocha dos Santos (Universidade do Estado de Minas Gerais)

Tamara Daiane de Souza, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 27/08/2026



Documento assinado eletronicamente por **Tamara Daiane de Souza, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 27/08/2026, às 15:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1177538** e o código CRC **94E25962**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta jornada. Em especial, ao meu marido Thiago, pelo companheirismo constante; à minha mãe Maria, pelo incentivo incondicional; aos meus padrinhos Naudio, Bia e Thaís, por todo suporte; e aos meus familiares, por estarem sempre ao meu lado. Aos meus amigos Ana Clara, Gustavo e Vitor, agradeço por tornarem esta caminhada ufopiana mais leve. Ao professor Paulo, pelos ensinamentos nas atividades de extensão, experiência que foi decisiva para que eu tomasse gosto pela área de saneamento básico e recursos hídricos. À minha orientadora Tamara, agradeço pela confiança e pelo direcionamento valioso, fundamentais para a realização deste trabalho e para minha formação como pesquisadora. Por fim, agradeço à UFOP e à Escola de Minas pela excelência no ensino.

RESUMO

O descarte inadequado de polímeros sintéticos tem gerado uma contaminação ambiental sistêmica, na qual os microplásticos emergem como um desafio crítico devido à sua persistência e alta mobilidade nos ecossistemas urbanos. Diante das lacunas normativas e limitações tecnológicas vigentes, este trabalho teve como objetivo propor diretrizes integradas de saneamento básico e planejamento urbano para a mitigação de microplásticos nos cursos d'água da sede municipal de Ouro Preto – MG. A metodologia adotou uma abordagem qualitativa, fundamentada em revisão bibliográfica, análise documental e processamento de dados geoespaciais no QGIS, permitindo a identificação de áreas críticas de aporte de microplásticos aos corpos hídricos. Os resultados evidenciaram uma correlação direta entre o adensamento urbano e a poluição hídrica, o que demanda intervenções prioritárias nos corpos hídricos adjacentes. O diagnóstico do saneamento básico da área de estudo revelou vulnerabilidades estruturais, apesar da existência de um Plano Municipal de Saneamento Básico. Ademais, verificou-se a ausência de tratamento de esgoto e de águas pluviais. Conclui-se que o enfrentamento da poluição por microplásticos requer a institucionalização de diretrizes específicas de controle desses contaminantes nos instrumentos de planejamento municipal, como o Plano Diretor e o Plano Municipal de Saneamento Básico. Nesse contexto, propõe-se a articulação entre os instrumentos de ordenamento territorial, a implantação de estações de tratamento de esgoto sanitário e de águas pluviais com etapas voltadas à remoção de microplásticos, a adoção de infraestrutura verde-azul para a filtragem do escoamento superficial e a consolidação de uma unidade de triagem avançada de resíduos na localidade da Rancharia.

Palavras-chaves: Plástico, Legislação, Uso do solo.

ABSTRACT

The improper disposal of synthetic polymers has led to systemic environmental contamination, in which microplastics have emerged as a critical challenge due to their persistence and high mobility in urban ecosystems. Given the current regulatory gaps and technological limitations, this study aimed to propose integrated guidelines for basic sanitation and urban planning to mitigate microplastics in the waterways of the municipal seat of Ouro Preto, Minas Gerais. The methodology adopted a qualitative approach, based on a literature review, document analysis, and geospatial data processing in QGIS, enabling the identification of critical areas contributing microplastics to water bodies. The results revealed a direct correlation between urban density and water pollution, which calls for priority interventions in adjacent water bodies. An assessment of basic sanitation in the study area revealed structural vulnerabilities, despite the existence of a Municipal Basic Sanitation Plan. Furthermore, a lack of sewage and stormwater treatment was observed. It is concluded that addressing microplastic pollution requires the institutionalization of specific guidelines for controlling these contaminants within municipal planning instruments, such as the Master Plan and the Municipal Basic Sanitation Plan. In this context, we propose the coordination of land-use planning instruments; the implementation of sanitary sewage and stormwater treatment plants with stages designed to remove microplastics; the adoption of blue-green infrastructure for filtering surface runoff; and the establishment of an advanced waste sorting facility in the Rancharia area.

Keywords: Plastic, Legislation, Land use.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	Objetivo.....	7
1.1.1	Objetivos Específicos.....	7
1.2	Justificativa	8
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1	O Meio Urbano como Vetor de Poluição e Dispersão de MPs.....	8
2.2	Estratégias de Governança e Legislação Internacional contra MP	10
2.3	O Panorama Brasileiro frente à Poluição por Microplásticos.....	14
2.4	Desafios de Gestão, Monitoramento e Infraestrutura no Controle de Microplásticos	15
3	METODOLOGIA	17
3.1	Caracterização da pesquisa	17
3.2	Área de estudo.....	17
3.3	Método de coleta de dados.....	20
3.4	Método de análise de dados	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1	Mecanismos de Ordenamento Urbano para o Enfrentamento à Poluição por Microplásticos	21
4.2	Diagnóstico do Planejamento Urbano e Saneamento de Ouro Preto voltado a ações de combate ao Microplásticos.....	27
4.3	Vulnerabilidades e Oportunidades na gestão da presença de MPs	32
4.4	Propostas e Diretrizes para Mitigação e Regulamentação de Microplásticos no Município	37
4.5	Análise Crítica.....	42
5	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

Os polímeros sintéticos, popularmente conhecidos como plásticos, consolidaram-se a partir do século XX como uma solução para a crescente escassez de matérias primas naturais (Hage Jr, 1998). As propriedades como durabilidade, versatilidade e resistência, permitiram sua aplicação em diversos setores industriais (Montagner *et al.*, 2021). Contudo, a escala massiva de consumo impulsionado por estilos de vida dependentes dos plásticos (Otero *et al.*, 2021; Dantas Filho *et al.*, 2023), somada à ineficiência dos sistemas de gestão de resíduos sólidos (Pincelli *et al.*, 2021; Sodré *et al.*, 2023), resultou em uma contaminação ambiental sistêmica cujas consequências ecológicas vêm sendo investigadas pela comunidade científica desde a década de 1970 (Thompson *et al.*, 2009).

A despeito da gravidade da poluição plástica, as iniciativas globais para mitigar o problema permanecem insuficientes. A taxa de recuperação de resíduos plásticos é reduzida, estima-se que apenas 9% de todo o plástico produzido mundialmente seja efetivamente reciclado (Geyer; Jambeck; Law, 2017). Esse cenário é agravado por uma produção global que ultrapassa a marca de 350 milhões de toneladas anuais (Ragusa *et al.*, 2022), evidenciando o descompasso entre o consumo e a capacidade de gestão desses resíduos.

Nesse contexto de deposição irregular dos polímeros sintéticos e ineficiência da gestão dos resíduos plásticos, surgem como um desafio adicional os microplásticos (MPs). Segundo a literatura, esse poluente pode ser introduzido no meio por duas vias: as fontes primárias e as secundárias. As fontes primárias compreendem partículas fabricadas intencionalmente em dimensões menores que 5 mm, como microesferas de cosméticos e pellets industriais (Zhang *et al.*, 2020; Rimondi *et al.*, 2022).

Já as fontes secundárias originam-se da fragmentação de polímeros maiores (macroplásticos). Esta degradação secundária ocorre quando o macroplástico, exposto ao ambiente, sofre a ação da radiação ultravioleta, umidade, intempéries climáticas e atividade microbiológica, que fragilizam sua estrutura e provocam sua ruptura (Pompêo; Rani-Borges; Paiva, 2022). Uma vez que os MPs estão no ambiente, esses poluentes apresentam alta mobilidade, sendo transportados por vetores como o escoamento superficial, ventos, cursos d'água e até pelo deslocamento da fauna e flora (Garcia *et al.*, 2024).

Embora o interesse científico na dinâmica dos MPs tenha crescido, a literatura aponta diversas lacunas para a compreensão total da poluição (Pompêo; Rani-Borges; Paiva, 2022). A

falta de padronização metodológica impede a comparação direta entre estudos (Sodré *et al.*, 2023), enquanto a heterogeneidade ambiental e a dificuldade em rastrear fontes de contaminação tornam o monitoramento complexo (Horton, 2022; Munhoz *et al.*, 2023). Consequentemente, tais aspectos refletem na esfera política e tecnológica, resultando em lacunas legislativas e na dificuldade de desenvolver sistemas de tratamento eficientes para a remoção e mitigação do poluente (Khan *et al.*, 2022; Kurniawan *et al.*, 2023).

Diante das limitações expostas, este trabalho buscou identificar na literatura científica e em experiências consolidadas estratégias para o controle da poluição por microplásticos. A partir desse levantamento, realizou-se uma análise técnica do Plano Diretor e do Plano Municipal de Saneamento Básico de Ouro Preto, visando identificar vulnerabilidades e oportunidades de intervenção na realidade local.

1.1 Objetivo

Realizar um diagnóstico integrado das condições de saneamento básico e do planejamento territorial de Ouro Preto, identificando fatores que favorecem o aporte de microplásticos os cursos d'água e propondo diretrizes para sua mitigação.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Revisar a literatura sobre as principais fontes, mecanismos de transporte e estratégias de mitigação de microplásticos em ambientes urbanos.
- Sistematizar os instrumentos normativos e de planejamento territorial relacionados ao controle e mitigação de microplásticos.
- Diagnosticar as condições de saneamento básico da sede de Ouro Preto, com ênfase na gestão de resíduos sólidos, esgotamento sanitário e drenagem urbana.
- Avaliar, por meio da integração de informações espaciais, a influência da densidade urbana, impermeabilização do solo e hidrografia no potencial de aporte de microplásticos.
- Propor diretrizes integradas de saneamento básico e planejamento territorial voltadas à mitigação dos microplásticos no município.

1.2 Justificativa

Uma das estratégias para mitigar a poluição por MPs é a implementação de políticas públicas (Dias *et al.*, 2022; Kurniawan *et al.*, 2023), especialmente no âmbito do saneamento básico e do planejamento urbano. Nesse sentido, a formulação de propostas voltadas à retenção de MPs na sede municipal de Ouro Preto exige o levantamento de estratégias aplicadas a essa temática, bem como a análise das diretrizes de ordenamento territorial para a proposição de medidas integradas adaptadas à realidade do município. Dessa forma, os resultados aqui apresentados poderão auxiliar o poder público na adoção de ações capazes de aprimorar a gestão local.

Além disso, tais medidas dialogam com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), destacando-se o ODS 6, ao propor diretrizes relacionadas ao saneamento básico; o ODS 9, ao incentivar a inovação voltada à mitigação da poluição por microplásticos na área de estudo; e o ODS 11, ao fornecer dados e informações que contribuam para um planejamento urbano mais sustentável.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os microplásticos são partículas de polímeros sintéticos, definidas majoritariamente pela literatura como fragmentos que possuem dimensões iguais ou inferiores a 5 mm (Costa 2025). Os primeiros relatos científicos sobre a presença desses materiais no ambiente foram nas águas marinhas na década de 1970, com destaque para os estudos pioneiros de Carpenter e Smith (1972) no Mar dos Sargãos. Contudo, o termo específico "microplástico" só foi cunhado em 2004, marcando o início de uma transição na percepção do resíduo plástico, de um problema visual e macroscópico para um contaminante microscópico onipresente e de alta persistência ambiental (Yang 2024).

2.1 O Meio Urbano como Vetor de Poluição e Dispersão de MPs

A concentração de microplásticos apresenta uma correlação direta com a densidade dos centros urbanos. Áreas urbanizadas são frequentemente identificadas como as principais fontes emissoras desses poluentes, impulsionadas tanto pelo adensamento populacional quanto por

atividades econômicas, como o turismo (Dikareva; Simon, 2019; Grbić *et al.*, 2020). Nesse cenário, o uso do solo e as atividades desenvolvidas nas proximidades de corpos hídricos exercem influência determinante na dinâmica ambiental, resultando no direcionamento das partículas aos cursos d'água (Yin *et al.*, 2020; Iannuzzi *et al.*, 2024).

Diferente de ambientes remotos, a dinâmica urbana atua como um catalisador na geração de microplásticos através do estresse mecânico. O atrito constante dos pneus de veículos contra o pavimento, gera partículas de desgaste que se acumulam no leito viário (Kurniawan *et al.*, 2023). Somado a isso, a impermeabilização das cidades impede a filtração natural pelo solo, fazendo com que o escoamento superficial atue como um sistema de transporte direto durante eventos pluviais, as partículas depositadas nas superfícies impermeáveis, tanto pelo desgaste dos pneus nas vias quanto pelo transporte eólico, são rapidamente carreadas para o sistema de microdrenagem e, conseqüentemente, para os cursos d'água locais (Tibbetts *et al.*, 2018; Sodré *et al.*, 2023). Portanto, a malha urbana não é apenas um receptor, mas um agente ativo de fragmentação e exportação de poluentes na bacia hidrográfica.

Ademais, a complexidade na compreensão e identificação desse poluente reside em sua heterogeneidade físico-química. Os MPs apresentam variadas densidades, composições poliméricas, cores e mecanismos de degradação distintos (Montagner *et al.*, 2021; Nihei *et al.*, 2024). Na literatura científica, embora o poluente seja classificado em diversas morfologias, como fragmentos, filmes, esferas e esponjas, as fibras sintéticas são as formas mais recorrentemente observadas em amostras ambientais (Sodré *et al.*, 2023).

Um desafio adicional à identificação visual é a semelhança morfológica entre as partículas plásticas, a matéria orgânica e os sedimentos naturais. Além disso, a constante interação das partículas com o meio em que estão inseridas exige que os procedimentos laboratoriais sejam frequentemente adaptados para cada tipo de matriz, o que pode gerar inconsistências metodológicas e dificultar a comparação direta entre estudos (Masura *et al.*, 2015; Prata *et al.*, 2019). A análise em diferentes matrizes, como água, solo e ar, demandam métodos de coleta e processamento distintos; na análise de sedimentos, por exemplo, a granulometria fina e siltosa interfere na taxa de recuperação das partículas, tornando o monitoramento mais complexo (Chen *et al.*, 2023; Lee *et al.*, 2023).

No que tange à dinâmica de transporte, o aporte de MPs nos corpos hídricos ocorre majoritariamente por duas vias: fontes difusas e fontes pontuais (Sodré *et al.*, 2023). As fontes difusas compreendem o carreamento de partículas depositadas no solo através do escoamento

superficial pluvial ou pelo transporte eólico (Drummond *et al.*, 2022; Jin *et al.*, 2022). Já as fontes pontuais referem-se ao direcionamento direto do poluente via lançamento de efluentes domésticos e industriais. Devido à alta capacidade de dispersão dessas partículas, a rastreabilidade de todas as fontes poluidoras é um desafio, embora a intensidade das atividades antrópicas sirva como um indicador de contaminação (Silva *et al.*, 2025; Tibbetts *et al.*, 2018).

Ademais, a ineficiência ou ausência de infraestruturas urbanas, como sistemas de tratamento de esgoto (ETEs), bacias de retenção, infraestruturas verdes e legislações específicas, são fatores que ditam tanto a contribuição quanto a mitigação do poluente no meio ambiente (Khan *et al.*, 2022; Kurniawan *et al.*, 2023). Portanto, o monitoramento dessas infraestruturas é essencial antes de apontá-las como solução ou fonte, visto que sistemas de saneamento ineficazes podem atuar como concentradores e emissores de MPs para os rios (Irfan *et al.*, 2020).

Por fim, os impactos ecológicos dos microplásticos, embora ainda demandem investigações mais profundas, já revelam danos severos à biota. Registros na literatura indicam que os MPs interferem na cadeia trófica, prejudicando o crescimento, a reprodução e atuando como agentes de bioacumulação em diversos níveis tróficos (Zhang *et al.*, 2020; Garcia *et al.*, 2024).

Recentemente, a detecção de polímeros em tecidos humanos, como sangue, pulmões e leite materno, acendeu o alerta para os riscos à saúde pública, embora a magnitude total desses efeitos a longo prazo ainda seja incerta (Ragusa *et al.*, 2022; Usman *et al.*, 2022; Garcia *et al.*, 2024). Tal cenário reforça a necessidade urgente de compreender a dinâmica desses contaminantes em ecossistemas diversos, onde pequenas variações nas características ambientais podem alterar drasticamente a concentração e a toxicidade do poluente (Apetogbor *et al.*, 2023).

2.2 Estratégias de Governança e Legislação Internacional contra MP

Existem diversas normativas internacionais que visam estabelecer boas práticas para o descarte de detritos no ambiente marinho. Conforme analisam Yang *et al.* (2024), embora existam instrumentos consolidados para a proteção do meio marinho, como a Convenção de Londres (1972) e a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL, Anexo V), tais normativas foram desenvolvidas para conter resíduos plásticos e

descartes diretos de embarcações, carecendo de especificidade técnica para lidar com microplásticos de origem terrestre. Além disso, os autores apontam uma fragmentação entre as normas existentes, o que resulta na predominância de leis flexíveis ou recomendações. Essa desarticulação dificulta a implementação de padrões de monitoramento e controle que possam ser aplicados por diferentes administrações urbanas ao redor do globo.

A fragilidade na consolidação de legislações mais rígidas é discutida por Li (2022a) e Li (2022b) que associam a complexidade de elaborar leis específicas às persistentes incertezas científicas quanto ao comportamento, origem e impactos reais do poluente. A dificuldade em padronizar metodologias de detecção e quantificar danos toxicológicos exatos acaba gerando barreiras políticas para a criação de normas vinculativas e punitivas (Li, 2022b). Consequentemente, a regulação internacional muitas vezes hesita em avançar enquanto os critérios técnicos de amostragem não forem universalmente aceitos (Kurniawan *et al.*, 2023).

Somado ao desafio técnico, há uma limitação geográfica, a maioria das políticas foca no destino final do poluente, negligenciando o seu trajeto (Erceg, 2025). Erceg (2025) observa que o Direito Internacional Ambiental historicamente prioriza o ambiente transfronteiriço, criando uma lacuna regulatória sobre os compartimentos de água doce, como rios e lagos. O autor ressalta que, embora os Estados tenham soberania sobre os recursos hídricos em seus territórios, as diretrizes da Conferência de Estocolmo (1972) estabeleceram obrigações fundamentais quanto a proibição de poluir o meio ambiente alheio e o dever de cooperação. Dessa forma, os Estados devem garantir que as atividades sob sua jurisdição não causem danos a áreas além de suas fronteiras, o que deveria forçar uma gestão mais rigorosa dos microplásticos.

Apesar desse cenário complexo, modelos de sucesso têm surgido no controle de fontes primárias. Li (2022a) e Khan *et al.* (2022) apontam que o banimento de microesferas em produtos de higiene e cosméticos, adotado por nações da União Europeia e Canadá, provou ser uma estratégia de eficácia regulatória. Segundo Munhoz *et al.*, (2023), essa resposta política tem avançado mais rapidamente do que as medidas de contenção e remoção no ambiente, uma vez que a fiscalização direta do setor industrial é mais viável do que o gerenciamento do escoamento difuso.

Paralelamente as medidas voltadas as fontes primárias há também a Diretiva (UE) 2024/3019 que busca estabelecer a obrigatoriedade do monitoramento e gestão de

microplásticos nas estações de tratamento de águas residuais urbanas, no escoamento pluvial e nas lamas de depuração dos países membros da União Europeia.

Dessa forma, a fim de sistematizar as normativas e tratados internacionais identificados na literatura analisada, o Quadro 1 apresenta um resumo das principais legislações.

Quadro 1: Instrumentos e normativas que abordam direta e indiretamente a problemática dos microplásticos.

PODEM SE ESTENDER AOS MPS		
Instrumento / Normativa	Ano	Foco Principal e detalhes técnicos sobre MP
Convenção de Londres	1972 (1996)	Proíbe o despejo de plásticos no mar por plataformas e estruturas artificiais, mas falha em controlar fontes terrestres difusas.
Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (UNCLOS) - conhecida como Constituição dos Oceanos	1982	Estabelece o dever geral de proteger o meio marinho contra todas as fontes de poluição. Embora não cite MPs pelo nome (devido à época), eles se enquadram na definição de "poluição marinha".
<i>Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East At-lantic</i> (Convenção OSPAR)	1992	Estabelece regulamentações específicas para o descarte de poluentes no mar da região do Atlântico e do mar do Norte.
Convenção de Estocolmo	2001	Foca em Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs). É relevante pois MPs atuam como vetores que transportam e liberam esses POPs no ambiente.
Convenção da Basileia	1989 (2019)	A 'Emenda de Resíduos Plásticos' de 2019, passou a exigir o controle rigoroso dos movimentos transfronteiriços de resíduos plásticos, visando restringir sua circulação internacional sem a devida regulação.
Diretiva (UE) 2019/904 (SUP) - conhecida como Diretiva <i>Single-Use Plastics</i>	2019	Focada em plásticos de uso único; estabelece a meta de recuperar 90% das garrafas plásticas e incentiva a transição para a Economia Circular.
G20 <i>Osaka Blue Ocean Vision</i>	2019	Proposta realizada pela <i>United Nations Environment Programme</i> (UNEP) para reduzir a poluição por plástico no ambiente marinho a zero até 2050.
Resolução ONU A/74/19	2019	Documento "Oceanos e o Direito do Mar" aborde a proteção do meio marinho e a necessidade de cooperação internacional.
Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR)	-	Busca atingir o "zero plástico em aterros" na Europa até 2025, forçando empresas a investir em eco-design e reciclagem.

ABORDAM OS MPS NO ESCOPO DO TEXTO		
Instrumento / Normativa	Ano	Foco Principal e detalhes técnicos sobre MP
Tratado da Antártida	2019	Adoção de estratégias específicas para conter emissões de microplásticos na Antártida.
Convenção de Barcelona / Plano de Ação do Mediterrâneo (MAP)	1976 (2021)	Em 2021, o plano foi expandido para cobrir o monitoramento da poluição por microplásticos no Mar Mediterrâneo.
Lei Federal dos EUA: <i>Microbead-Free Waters Act</i>	2015	Proíbe a fabricação, embalagem e distribuição de cosméticos de enxágue que contenham microesferas de plástico e de "medicamentos sem receita", como pasta de dente.
Lei canadense: <i>Microbeads in Toiletries SOR/2017-111</i>	2017	Proíbe a fabricação, importação e venda de produtos de higiene pessoal que contenham microesferas de 5 mm ou menos.
Proposta de Restrição da <i>European Chemicals Agency</i> (ECHA)	2019 (2022)	Restrição de microplásticos adicionados intencionalmente em misturas (cosméticos, detergentes, tintas), visando o controle direto na fonte industrial.
Diretiva (UE) 2024/3019 (Tratamento de Águas Residuais Urbanas)	2024	Monitoramento e gestão de microplásticos nas entradas/saídas de ETE, lamas de depuração e escoamento urbano pluvial.

Fonte: Material compilado dos trabalhos de Khan *et al.* (2022), Li (2022a), Li (2022b), Munhoz *et al.* (2023) Yang *et al.* (2024), União Europeia (2024) e Erceg (2025).

Adicionalmente, para orientar estratégias de combate ao poluente, governos têm recorrido a ferramentas de suporte à decisão. Dias *et al.* (2022) destacam a importância da análise multicritério, modelo utilizado na União Europeia para avaliar o custo-benefício entre diferentes intervenções, como o investimento em filtragem avançada em estações de tratamento de esgoto ou a imposição de taxas sobre polímeros de baixo reuso.

Nesse contexto, Dias *et al.* (2022) observam que a tendência das políticas internacionais aponta para a consolidação da responsabilidade estendida do produtor, integrando o design ecológico e a gestão de resíduos em um ciclo de economia circular, visando unificar as metas globais exigidas pelo cenário científico e pelo futuro Tratado Global do Plástico da Organização das Nações Unidas (ONU).

2.3 O Panorama Brasileiro frente à Poluição por Microplásticos

Assim como no cenário internacional, o panorama brasileiro é marcado por um avanço legislativo heterogêneo. A base da gestão de plásticos no país encontra-se na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS - Lei 12.305/2010), que, embora seja considerada avançada em termos de responsabilidade compartilhada e logística reversa, ainda não detalha diretrizes específicas para contaminantes microscópicos (Pincelli *et al.*, 2021). A PNRS foca na gestão de resíduos sólidos urbanos de grande escala, deixando uma lacuna normativa federal sobre o controle de micropartículas que escapam dos sistemas tradicionais de coleta e tratamento.

Sob essa ótica, a migração para um modelo de economia circular torna-se uma alternativa para mitigar o acúmulo de resíduos plásticos na natureza e cumprir as metas globais de desenvolvimento sustentável (Kumar *et al.*, 2021; Costa, Rodrigues, Ferreira, 2025). A integração de políticas de controle de poluição com estratégias de reciclagem avançada é vista como um dos caminhos para reduzir a pressão ambiental exercida pelos centros urbanos sobre os recursos hídricos (Kumar *et al.*, 2021).

Essa ausência normativa em âmbito federal tem sido preenchida por iniciativas estaduais e municipais pioneiras. Estados como Rio de Janeiro e São Paulo aprovaram legislações que baniram o uso de canudos plásticos e a comercialização de produtos de higiene pessoal contendo microesferas de polietileno (Munhoz *et al.*, 2023). Tais medidas locais servem como laboratórios regulatórios, antecipando debates que ainda tramitam de forma lenta no Congresso Nacional, onde Projetos de Lei (PLs) buscam nacionalizar a restrição de microplásticos primários (Umaña *et al.*, 2025). Entretanto, a eficácia dessas leis estaduais é comprometida devido à falta de fiscalização padronizada e a resistência de setores industriais que pedem por uma transição econômica mais prolongada (Sodré *et al.*, 2023; Yang *et al.*, 2024; Umaña *et al.*, 2025).

A problemática se agrava ao analisar o desempenho das infraestruturas de saneamento do país. Conforme discutido por Sodré *et al.* (2023), a maioria das ETEs brasileiras não foram projetadas para a retenção de microfibras e microplásticos, operando com tecnologias que permitem a passagem dessas partículas para os rios e, consequentemente, para a costa brasileira. Assim, mesmo com um arcabouço legal que prevê a proteção ambiental, como o Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar (PNCLM), a ausência de requisitos técnicos específicos para o tratamento de efluentes torna a infraestrutura urbana um dos principais vetores de poluição por MP no Brasil (Munhoz *et al.*, 2023; Sodré *et al.*, 2023).

Dessa forma, a transição para um controle efetivo da poluição no país exige que as ferramentas de suporte à decisão e a responsabilidade estendida do produtor, sejam adaptadas à realidade socioeconômica brasileira (Dias *et al.*, 2022; Pincelli *et al.*, 2021). Conforme aponta a literatura, o futuro da governança nacional depende da convergência entre o rigor das novas PLs federais e o investimento em tecnologias de saneamento capazes de mitigar o poluente na fonte urbana, antes de sua dispersão no ambiente (Usman *et al.*, 2022; Umaña *et al.*, 2025).

2.4 Desafios de Gestão, Monitoramento e Infraestrutura no Controle de Microplásticos

A implementação das normativas enfrenta obstáculos impostos pela realidade local, especialmente em função da infraestrutura urbana instalada. Um dos desafios está nas limitações técnicas das ETEs convencionais. Embora essas infraestruturas apresentem altas taxas de remoção de microplásticos, a depender das etapas de tratamento, o elevado volume de efluentes processados pode resultar em uma carga contínua e expressiva de micropartículas lançadas nos corpos hídricos (Khan *et al.*, 2022). Ademais, a ineficiência dessas tecnologias na captura de microfibras e nanoplásticos pode transformar as ETEs em vetores de poluição, de modo que a existência do tratamento não garante, por si só, a integridade ambiental (Xu *et al.*, 2021).

Além disso, a remoção do poluente da fase líquida promove sua concentração no lodo de esgoto. Quando esse material é destinado à aplicação agrícola como fertilizante ou condicionador de solo, ocorre a transferência do contaminante entre matrizes ambientais. Esse processo converte o solo em um reservatório de polímeros, os quais podem retornar ao ciclo hidrológico por meio do escoamento superficial (Martín-Lara *et al.*, 2021; Fuente *et al.*, 2022; Kurniawan *et al.*, 2023).

A gestão das infraestruturas também enfrenta desafios de ordem geográfica e demográfica. A concentração de microplásticos tende a ser intensificada em áreas que combinam alta densidade populacional com atividades industriais ou pesqueiras. Conforme demonstrado por Martín-Lara *et al.* (2021) em contextos litorâneos, regiões próximas a grandes portos e centros metropolitanos atuam como acumuladores de MPs, exigindo estratégias de saneamento regionalizadas e ajustadas às pressões específicas dessas zonas.

Essa complexidade é agravada pela ausência de padronização nos métodos de monitoramento. A análise de microplásticos em matrizes ambientais ainda necessita de técnicas exigente e de alto custo, envolvendo ferramentas como espectroscopia FTIR e Raman, ainda restritas ao meio acadêmico e de difícil incorporação às rotinas de fiscalização ambiental (Primpke *et al.*, 2020; Halfar *et al.*, 2024). Além disso, a falta de harmonização metodológica compromete a comparabilidade entre estudos e bacias hidrográficas, dificultando a tomada de decisões baseada em evidências robustas (Iwanowicz *et al.*, 2024).

A esse entrave técnico somam-se barreiras socioeconômicas estruturais. Em países em desenvolvimento, a gestão de microplásticos compete por recursos financeiros e técnicos limitados, onde a prioridade governamental é frequentemente voltada para a expansão da coleta regular de lixo e da rede de esgoto, diferentemente dos países desenvolvidos, que possuem infraestruturas de saneamento já consolidadas (Geyer; Jambeck; Law, 2017; Sodré *et al.*, 2023).

Paralelamente, a governança ambiental enfrenta entraves relacionados ao engajamento social. Otero; Gago; Quintas (2021) destacam que, embora o interesse público sobre a poluição marinha tenha crescido em plataformas digitais, persiste uma lacuna na comunicação entre a comunidade científica e a sociedade. A ausência dessa mediação enfraquece o suporte social necessário à implementação de mudanças comportamentais e ao fortalecimento de legislações mais restritivas.

Dessa forma, a proteção de ecossistemas sensíveis requer uma articulação jurídica coordenada que ultrapasse as fronteiras nacionais. O caso do Lago Baikal ilustra que mesmo áreas legalmente protegidas permanecem vulneráveis ao aporte de microplásticos primários e secundários, evidenciando a necessidade de integração entre o direito ambiental internacional e medidas técnicas locais de mitigação (Luneva, 2024). Assim, o avanço na gestão de microplásticos depende da superação de gargalos tecnológicos, metodológicos e comunicacionais, conciliando o rigor científico das análises laboratoriais com a eficiência operacional das infraestruturas urbanas e o engajamento efetivo da sociedade civil.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da pesquisa

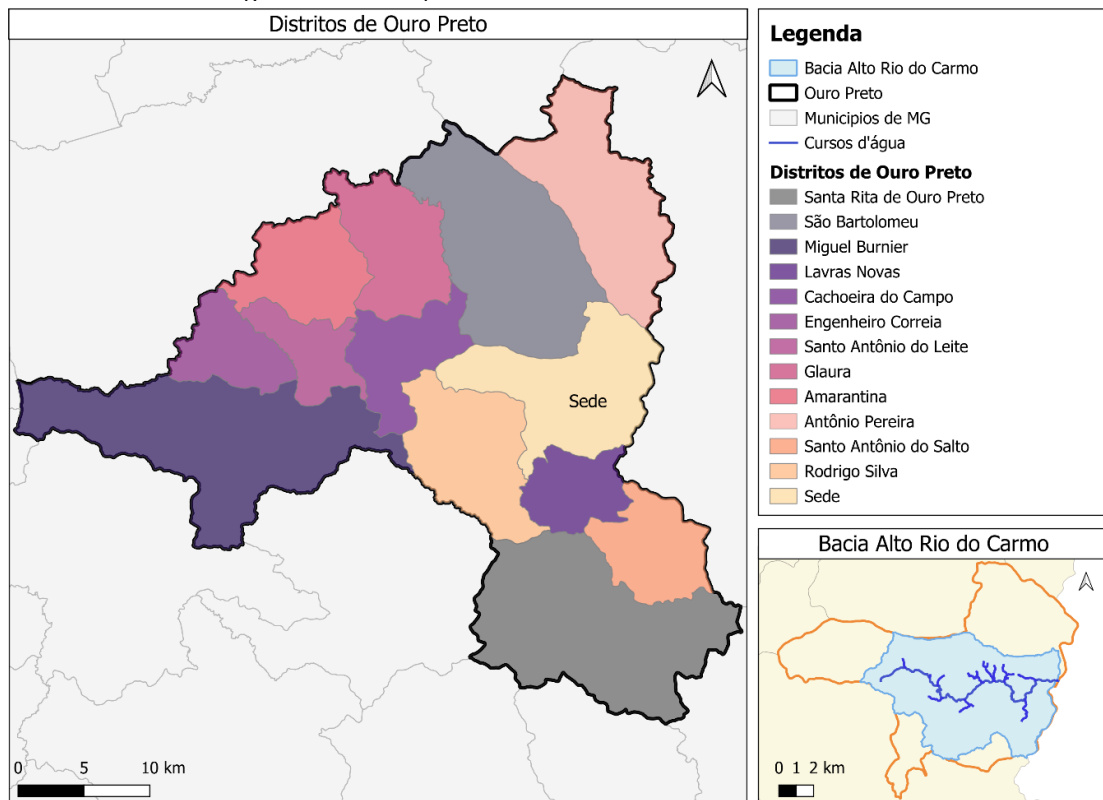
A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza aplicada, com objetivos exploratórios e descritivos, adotando uma abordagem qualitativa. O trabalho fundamenta-se nos procedimentos de pesquisa bibliográfica, documental e no estudo de caso da mancha urbana da sede de Ouro Preto, visando propor diretrizes práticas para a mitigação de microplásticos nos cursos d'água locais.

Complementarmente, durante a escrita deste documento, utilizou-se a ferramenta de Inteligência Artificial Generativa Gemini (desenvolvida pelo Google / Google DeepMind), na versão Gemini 1.5 Pro, para aprimorar a fluidez textual e realizar a revisão gramatical e ortográfica do manuscrito.

3.2 Área de estudo

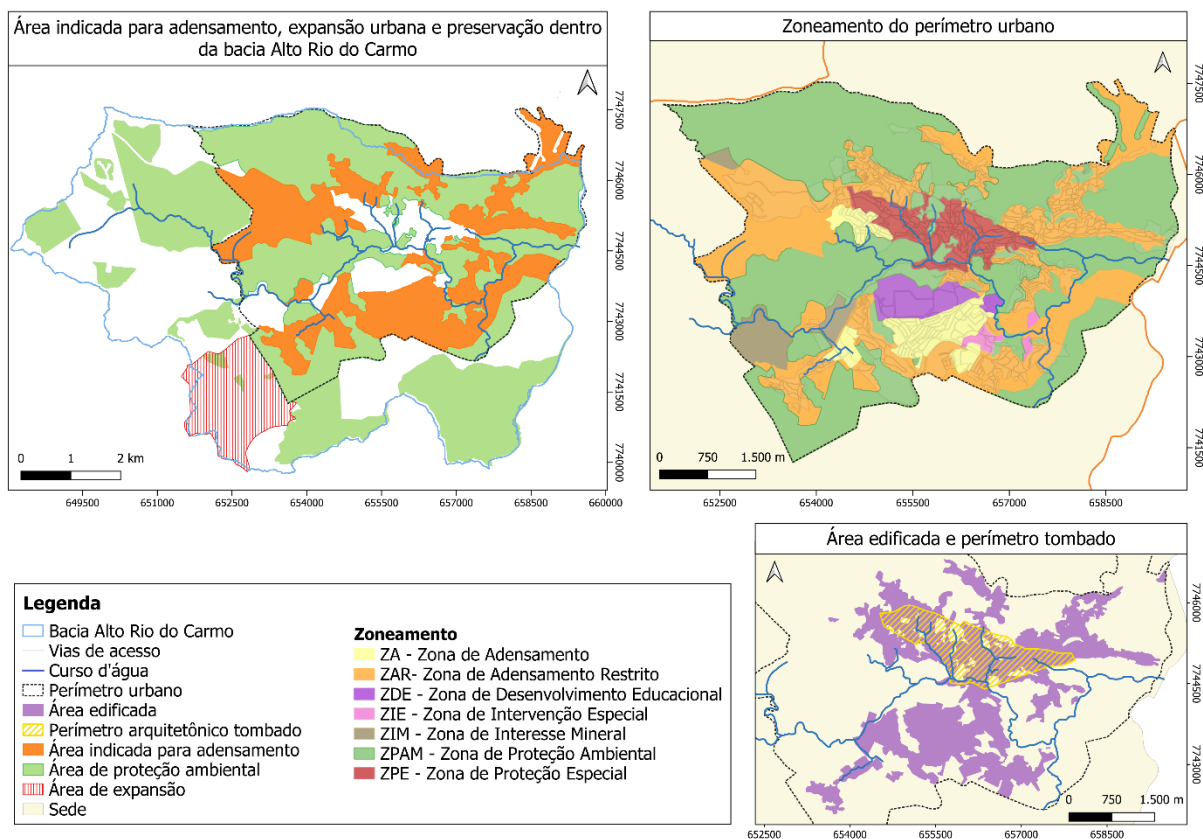
A área de estudo compreende o distrito-sede do município de Ouro Preto, recorte territorial que abriga a bacia hidrográfica Alto Rio do Carmo, Figura 1. A região converge atividades minerárias, turísticas e o dinamismo do setor educacional universitário (Tenório, 2026). Trata-se também de um território sujeito a severas restrições e normativas de proteção patrimonial, devido ao tombamento do centro histórico da cidade pela UNESCO em 1980, o que faz parte da mancha urbana existente encontrar-se sob a tutela federal do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), conforme as diretrizes do Decreto-Lei nº 25/1937 e da Portaria IPHAN nº 312/2010, que regulamenta a sua área de entorno e visibilidade.

Figura 1: Localização da área de estudo – Bacia Alto Rio do Carmo



Paralelamente, a malha urbana vivencia um processo contínuo de expansão periférica e adensamento populacional, fenômenos mapeados e regulados pelo Plano Diretor Municipal, apresentado na Figura 2 (Ouro Preto, 2023). Este instrumento legal estabelece as diretrizes de uso do solo, definindo zonas que orientam a densidade construtiva e as tipologias permitidas. O zoneamento municipal atua como o principal instrumento de ordenamento territorial, buscando mitigar as fragilidades decorrentes desse espraiamento, tais como a segregação socioespacial e a pressão sobre as áreas de preservação ou de risco (Ouro Preto, 2006), embora, na prática, esse processo apresente desafios complexos de fiscalização e aplicação das normas vigentes.

Figura 2: Síntese do ordenamento territorial indicando a área edificada, zona de expansão e adensamento dentro do perímetro urbano



Diante da coexistência de diferentes normativas urbanísticas, patrimoniais e ambientais, a delimitação metodológica deste estudo abrange tanto o perímetro tombado quanto a mancha urbana identificada no planejamento municipal. Dessa forma, busca-se contemplar uma realidade espacial onde a complexidade territorial reflete nas condições de habitabilidade da cidade, onde o adensamento, o relevo e a preservação muitas vezes influenciam a execução de obras de infraestrutura.

Além das dinâmicas de uso do solo, a infraestrutura de saneamento básico apresenta desafios para a gestão territorial da bacia. De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINISA, 2026), a rede de águas pluviais atende a 55,19% das vias urbanas do município. No âmbito da gestão de resíduos sólidos, embora a cobertura da coleta alcance 93,70% da população total, com 100% da área urbana atendida e 32,97% da área rural, indicadores de sustentabilidade como o desempenho da coleta seletiva (2,54%) e a recuperação de resíduos recicláveis (1,85%) permanecem abaixo da média estadual e brasileira,

cenário que pode estar relacionado com a baixa taxa de catadores atuantes no tratamento de recicláveis (1,88 cat./1.000 hab.).

Por fim, a precariedade mais crítica, é observada no sistema de esgotamento sanitário. Apesar de a rede coletora alcançar 76,57% da população urbana, os índices de tratamento de esgoto são de 0,78% em relação à água consumida e 1,85% em relação ao esgoto coletado. Essa fragilidade é explicada pela ausência de infraestrutura de tratamento, visto que o município conta com apenas uma ETE localizada no distrito de São Bartolomeu, o que compromete diretamente a qualidade dos cursos hídricos do município.

3.3 Método de coleta de dados

Para a revisão de literatura, foram utilizadas as bases de dados *Scopus* e *Google Scholar*, aplicando a combinação de palavras-chave “*microplastic*” AND “*legislation*” para mapear o arcabouço normativo. Essa abordagem permitiu identificar não apenas as diretrizes vigentes, mas também os padrões de ocorrência e as rotas de dispersão do poluente, conforme documentado em estudos que associam a carga de microplásticos ao uso do solo e ao ambiente urbano.

A análise das normativas baseou-se nos documentos selecionados durante a busca para a revisão bibliográfica e foi complementada por uma pesquisa aberta no buscador *Google*, utilizando o termo “legislação nacional e internacional para o combate ao microplástico”. Essa etapa permitiu mapear diretrizes adicionais aplicadas no Brasil e no exterior.

Adicionalmente, foram levantados dados demográficos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), indicadores de saneamento básico no Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS) e informações técnicas da prefeitura municipal, incluindo o cronograma de limpeza urbana, a cobertura da coleta seletiva e os planos de manejo de resíduos sólidos e águas pluviais.

3.4 Método de análise de dados

A análise dos dados foi conduzida de forma integrada, consolidando bases bibliográficas, normativas e dados técnicos municipais. O diagnóstico espacial e a elaboração cartográfica

foram realizados por meio do software QGIS, sendo este utilizado para o processamento, vetorização e sobreposição de informações geoespaciais.

Para a identificação dos cursos d'água de maior potencial de contaminação, utilizou-se dados de uso do solo e adensamento populacional, com a malha de calor de 50 metros gerada via *Inverse Distance Weighting* (IDW), do trabalho de Tenório (2026). O IDW é uma técnica de interpolação espacial que estima valores em locais não amostrados a partir da premissa de que pontos próximos exercem maior influência sobre o resultado do que pontos distantes.

Adicionalmente, a revisão bibliográfica e a prospecção de modelos internacionais de gestão de resíduos na internet subsidiaram a formulação de ações mitigadoras. Este diagnóstico espacial fundamentou a elaboração de diretrizes integradas que articulam o planejamento urbano, o saneamento básico e a implementação de infraestrutura verde-azul, entendida como a integração de elementos naturais (como vegetação, parques e telhados verdes) e recursos hídricos para otimizar a gestão pluvial e a resiliência urbana (São Paulo, 2022), alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 6, 9 e 11).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Mecanismos de Ordenamento Urbano para o Enfrentamento à Poluição por Microplásticos

O planejamento urbano no Brasil fundamenta-se na Constituição Federal de 1988, especificamente nos artigos 182 e 183, que instituem a política urbana com o objetivo de ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes (Brasil, 1988). Para regulamentar esses dispositivos constitucionais em âmbito nacional, instituiu-se o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001), que estabelece as diretrizes gerais de desenvolvimento e fixa a obrigatoriedade da proteção ambiental e da sustentabilidade urbana (Brasil, 2001).

Complementarmente, a Lei Lehmann (Lei nº 6.766/1979) estabelece as regras nacionais para o parcelamento do solo urbano. Sob a ótica dessa norma, com atualização pela Lei nº 11.445/2007, a infraestrutura básica dos parcelamentos passa a ser constituída obrigatoriamente pelos equipamentos urbanos de escoamento das águas pluviais, iluminação pública,

esgotamento sanitário, abastecimento de água potável, energia elétrica pública e domiciliar, além das vias de circulação (Brasil, 2007).

Nesse sentido, a Constituição Federal de 1988 delegou aos governos estaduais a competência para instituir regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, visando integrar a organização e a execução de funções públicas de interesse comum. Através do Estatuto da Metrópole (Lei nº 13.089/2015) consolidou o planejamento integrado regional por meio do Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI), instrumento que estabelece as diretrizes para o desenvolvimento territorial estratégico e os projetos estruturantes em escala intermunicipal. Complementarmente, o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), embora seja um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentado pelo Decreto Federal nº 4.297/2002, atua como uma ferramenta de organização do território estadual que deve ser obrigatoriamente seguida na formulação de políticas e planos locais (Programa Cidades Sustentáveis, 2019).

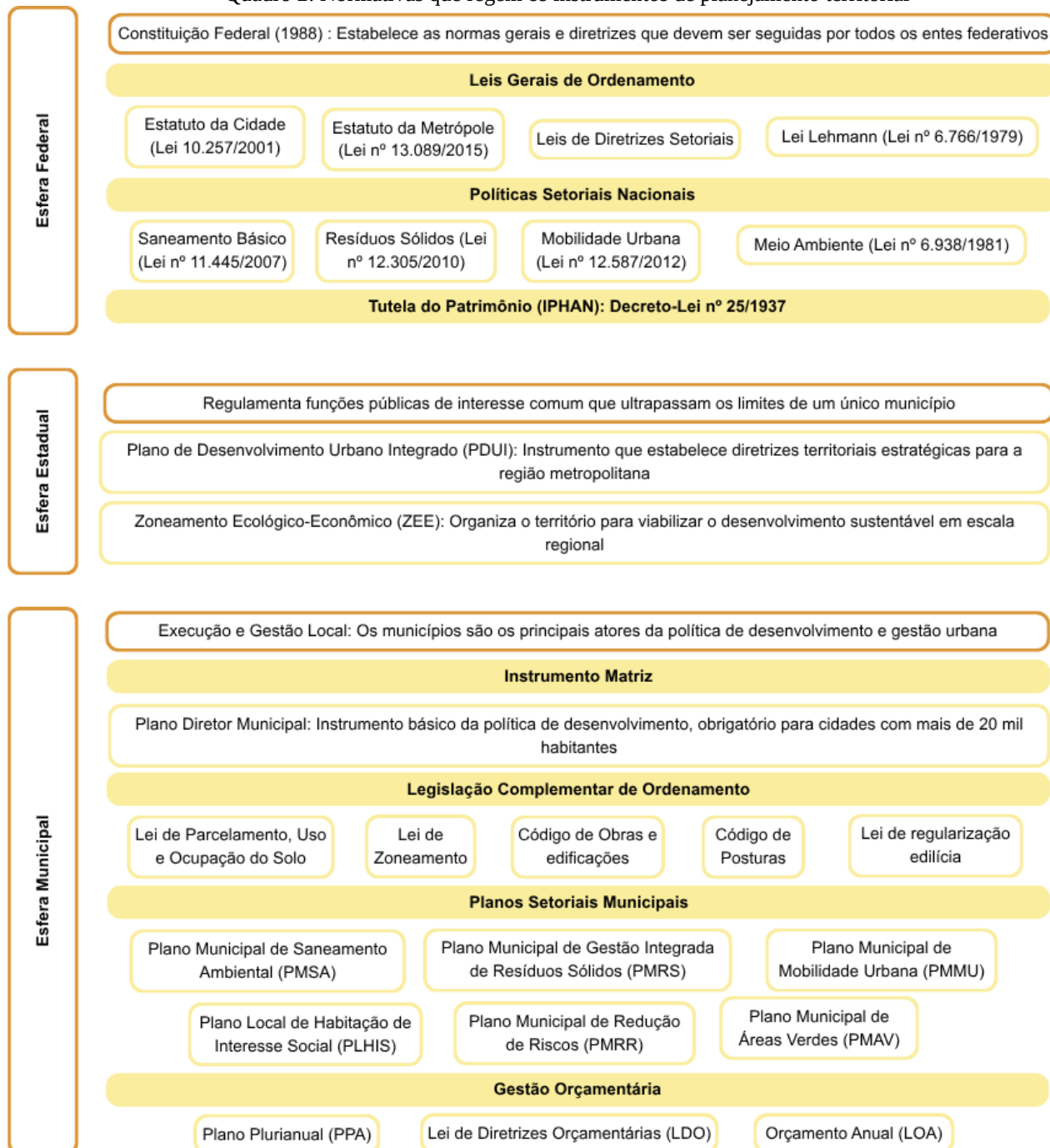
O ZEE busca compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico com a preservação ambiental, servindo de base para a identificação de fragilidades ecossistêmicas e para a definição de áreas de proteção que impactam diretamente a gestão dos recursos hídricos e a mitigação de poluentes no território (Programa Cidades Sustentáveis, 2019).

Com base nesse conjunto normativo federal e estadual, o Plano Diretor consolida-se como o instrumento básico dessa política, sendo obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes (Mocci; Leolli, 2021). No âmbito municipal, a autonomia garantida pela Constituição permite que os governos locais promovam o ordenamento territorial por meio do controle do uso e parcelamento do solo. Assim, o planejamento municipal utiliza da articulação entre o Plano Diretor e legislações complementares, como a Lei de Zoneamento, o Código de Obras e o Código de Posturas, para orientar o crescimento da cidade de forma justa e sustentável (Programa Cidades Sustentáveis, 2019).

Diante disso, a gestão integrada do território exige que o Plano Diretor seja complementado por Planos Setoriais, como o Plano Municipal de Saneamento Ambiental (PMSA) e o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Essa articulação técnica permite, por exemplo, que os diagnósticos do PMSA sobre a capacidade dos sistemas de esgotamento e drenagem subsidiem com segurança a definição de novas áreas de expansão urbana, ao mesmo tempo em que a gestão multissetorial otimiza o orçamento municipal, evita a competição por recursos entre secretarias e viabiliza soluções para mitigar impactos

ambientais e preservar cursos d'água (Programa Cidades Sustentáveis, 2019). Para melhor compreensão, o Quadro 2 organiza as atividades diante de cada esfera governamental.

Quadro 2: Normativas que regem os instrumentos de planejamento territorial



Dessa forma, compreende-se que as ações para a mitigação da presença de microplásticos no território devem ser estruturadas sob uma perspectiva multisetorial. Nesse arranjo, a esfera

federal atua como provedora de diretrizes gerais e planos nacionais de ordenação do território, enquanto os estados assumem a gestão de funções públicas de interesse comum, especialmente em âmbitos intermunicipais e metropolitanos. Aos municípios, reconhecidos como atores principais da política de desenvolvimento, cabe a gestão local e a execução das funções sociais da cidade, materializadas através do Plano Diretor e Planos Setoriais (Programa Cidades Sustentáveis, 2019).

Contudo, conforme discutido na revisão bibliográfica, o Brasil ainda carece de um marco regulatório nacional para o controle, monitoramento e mitigação da poluição por microplásticos. O primeiro movimento nesse sentido é o Projeto de Lei nº 6.528/2016, que propõe a proibição de microesferas plásticas intencionalmente adicionadas em produtos de higiene, cosméticos e perfumaria, prevendo o controle do poluente diretamente na fonte (Brasil, 2016). Embora representasse uma inovação regulatória quando foi apresentado, a tramitação da proposta arrasta-se há uma década, tendo alcançado a análise do Senado no dia 4 de maio de 2026. Além disso, o escopo desse projeto limita-se exclusivamente aos microplásticos de origem primária, ou seja, aqueles que são produzidos intencionalmente em tamanhos menores que 5mm.

Para além dessa iniciativa pioneira, novos mecanismos de enfrentamento vêm surgindo na Câmara dos Deputados para tentar abranger a complexidade do tema. É o caso do Projeto de Lei nº 336/2025, que estabelece metas progressivas para a redução da produção, distribuição e uso de plásticos no país, estendendo o foco para a minimização dos impactos ambientais causados por micro e nanoplásticos. Atualmente, essa proposta tramita apensada ao PL nº 10.504/2018, que integra um bloco de projetos correlatos, como os PLs nº 3.348/2019, nº 3.832/2021 e nº 3.956/2021, cujo avanço mais recente culminou no envio do bloco de projetos à Mesa Diretora da Câmara em 13 de março de 2026. O detalhamento normativo e o status de cada uma dessas propostas complementares encontram-se discriminados no Quadro 3.

Quadro 3: Projetos de Lei em tramitação que abordam plásticos e MPs

PL nº	Proposição	Situação
6.528/2016	Proíbe a manipulação, a fabricação, a importação e a comercialização, no território nacional, de produtos de higiene pessoal e perfumaria e de cosméticos que	Aguardando Apreciação pelo Senado Federal

	tenham a adição intencional de microesferas de plástico.	
10.345/2018	Dispõe sobre a diminuição gradativa de fabricação, fornecimento e distribuição (gratuita ou onerosa) de canudos plásticos feitos de polipropileno e/ou poliestireno (materiais não-biodegradáveis) em todo território nacional e dá outras providências.	*Apensado ao PL 612/2007 - Aguardando Parecer da Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS).
10.504/2018	Criação, Programa Nacional de Banimento dos Plásticos de Uso Único até o ano de 2030 (PNBP), princípios, diretrizes, gestão compartilhada, resíduo, plástico, mitigação, Impacto ambiental, resíduo sólido, responsabilidade alargada do produtor.	Apensado ao PL 10.345/2018 - Aguardando Parecer da Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS).
3.348/2019	Criação, Dia Nacional de Conscientização pelo Brasil sem Plástico, data comemorativa, 05 de junho.	Apensado ao PL 10.504/2018 - Aguardando Parecer da Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS).
3.832/2021	Institui o Dia Nacional de Combate e Conscientização Contra o Uso de Plástico.	Apensado ao PL 3.348/2019 - Aguardando Parecer da Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS).
3.956/2021	Criação, Dia Nacional de Combate e Conscientização Contra a Poluição Plástica, data comemorativa, 05 de junho.	Apensado ao PL 3.832/2021 - Aguardando Parecer da Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS).
336/2025	Dispõe sobre a redução progressiva da produção e do uso de plásticos no Brasil, considerando seu ciclo de vida e a contaminação ambiental por microplásticos.	Apensado ao PL 10.504/2018 - Aguardando Parecer da Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS).
6.269/2025	Dispõe sobre o aprimoramento das ações de combate à poluição por microplásticos no território nacional e estabelece diretrizes para a gestão de resíduos plásticos, o fomento à circularidade de materiais e a educação ambiental.	Apensado ao PL 336/2025 - Aguardando Parecer da Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS).

* A PL 612/2007 dispõe sobre a obrigatoriedade do uso de sacolas plásticas biodegradáveis para acondicionamento de produtos e mercadorias a serem utilizadas nos estabelecimentos comerciais em todo território nacional.

Fonte: Brasil (2007- 2026).

A despeito das iniciativas nacionais em tramitação apresentadas no Quadro 3, o estágio regulatório brasileiro ainda se encontra em fase de proposição e debate quando comparado ao panorama internacional. Enquanto o Brasil busca consolidar suas primeiras diretrizes, blocos econômicos como a União Europeia já possuem marcos regulatórios em aplicação, a exemplo da Proposta de Restrição da *European Chemicals Agency* (ECHA), que estabelece restrições práticas e imediatas ao controle de microplásticos de fonte primária (Munhoz *et al.*, 2023).

Diante da ausência de uma diretriz federal consolidada, observa-se um movimento descentralizado. No âmbito estadual, destaca-se o pioneirismo do Rio de Janeiro com a Lei nº 8.006/2018, que proíbe a distribuição e comercialização de sacolas plásticas em estabelecimentos comerciais localizados no estado do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro, 2018a).

Já na escala municipal, embora as gestões locais não possuam competência legal para regulamentar a atividade industrial ou sanitária (Brasil, 1988), a atuação tem se concentrado na contenção de macroplásticos geradores de poluição secundária. Municípios brasileiros, como São Paulo e Rio de Janeiro, aprovaram legislações que proíbem estabelecimentos comerciais de fornecerem utensílios plásticos de uso único, como canudos e sacolas (Rio de Janeiro, 2018b; São Paulo, 2020). Essas ações contribuem para a redução de produtos de uso único, bem como mitigam a entrada de plásticos no meio ambiente e a futura fragmentação e dispersão de microplásticos no ecossistema urbano e nos corpos d'água locais.

Em síntese, na esfera federal, a consolidação de marcos regulatórios que padronizem o controle da produção industrial de microplásticos primários diretamente na fonte é indispensável para os avanços legislativos em escala nacional (Sodré *et al.*, 2023; Yang *et al.*, 2024). A coordenação estadual, por sua vez, garante a proteção de bens comuns, como bacias hidrográficas e rios intermunicipais, assegurando uma gestão uniforme desses recursos ao longo de todo o território que percorrem (Yang *et al.*, 2024; Erceg, 2025). Por fim, na escala municipal, a efetividade das políticas depende da execução prática dos planos de manejo de resíduos sólidos, do tratamento de esgotamento sanitário e do direcionamento de ações focadas em polímeros sintéticos menores que 5 mm, uma vez que o descarte inadequado dos resíduos e as deficiências no tratamento de efluentes constituem as principais rotas de aporte MPs para os corpos hídricos urbanos (Mocci; Leolli, 2021; Sodré *et al.*, 2023).

4.2 Diagnóstico do Planejamento Urbano e Saneamento de Ouro Preto voltado a ações de combate ao Microplásticos

Ouro Preto possui uma população estimada de 77.601 habitantes para o ano de 2024 (SINISA, 2024). Em termos de distribuição demográfica detalhada, o Censo Demográfico do IBGE de 2022 registrou uma população total de 74.821 pessoas no município, sendo 56% desse contingente, o equivalente a 41.656 pessoas, residente na sede (Ouro Preto, 2024).

O município conta com o Plano Diretor de Ouro Preto (PDOP) em fase final de atualização, cujas diretrizes para o desenvolvimento urbano estão sendo projetadas para os próximos 10 anos. Além disso, a cidade dispõe de um Plano Municipal de Saneamento Básico (PLAMSAB), instituído em 2012 que também encontra-se em processo de atualização (Ouro Preto, 2025b). Apesar de ambos os instrumentos estarem em fase de atualização, os documentos disponíveis carecem de normativas e diretrizes específicas voltadas ao monitoramento, à mitigação e à remoção de microplásticos nos cursos d'água.

O processo de atualização das diretrizes urbanas de Ouro Preto, no contexto do saneamento básico, alinha-se às exigências da Lei Federal nº 11.445/2007, sob as atualizações do Novo Marco Legal do Saneamento Básico, Lei Federal nº 14.026/2020 (Ouro Preto, 2025b). O PLAMSAB engloba de forma integrada os quatro eixos estruturais do setor: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem pluvial e manejo de resíduos sólidos.

No tocante ao eixo de resíduos sólidos, os instrumentos que fazem a gestão dos resíduos são estruturados por meio de dois consórcios intermunicipais distintos. O primeiro é o Consórcio Regional de Saneamento Básico (CONSANE), autarquia interfederativa sediada em Lavras na qual o município oficializou seu ingresso em 28 de julho de 2023, por meio da Lei Municipal nº 1.371, responsável pela gestão associada de serviços e pelo suporte técnico na revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico (PLAMSAB) e do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (Ouro Preto, 2025b).

O segundo é o Consórcio Intermunicipal Multissetorial do Vale do Piranga (CIMVALPI), no qual o município possui participação ativa documentada desde 2020. Diante da ausência de uma área própria para a disposição final, Ouro Preto delegou a este consórcio a gestão operacional do manejo de resíduos de serviços de saúde (RSS) e o transporte de resíduos sólidos urbanos (RSU) a partir da unidade de transbordo até o destino final, sob um acordo de cooperação intermunicipal com validade estimada de 30 anos.

Segundo dados do CONSANE, as estimativas apontam para a coleta anual de 14.864,7 toneladas de resíduos em Ouro Preto para o ano de 2022, o que representa uma média aproximada de 40,7 toneladas diárias, com o serviço de coleta na sede urbana ocorrendo em 82,5% de 4 a 7 dias da semana e nas demais localidades pelo menos duas vezes na semana (Ouro Preto, 2025a). Os resíduos coletados são direcionados para a Central de Tratamento de Resíduos (CTR) Bituruna, um aterro sanitário localizado no município de Piedade de Ponte Nova - MG, situado a cerca de 120 km da sede de Ouro Preto (Ouro Preto, 2025a). Esse arranjo logístico impõe custos financeiros ao município, o valor pago para a disposição final no aterro (gate-fee) está inicialmente previsto em R\$ 90,00 por tonelada. Adicionalmente, os custos de transporte até a CTR Bituruna alcançam uma média de R\$ 0,55 por quilômetro, conforme as estimativas do consórcio.

Ademais, no mapeamento de áreas favoráveis à implantação de Centros de Tratamento de Resíduos Sólidos (CTRS) realizado pelo CIMVALPI, identificou-se que Ouro Preto dispõe de área apta para tal finalidade. O projeto, ainda em fase conceitual, prevê a instalação de uma unidade de recuperação energética de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) por meio da gaseificação. O empreendimento está planejado para ocupar um terreno de 2,24 hectares, cedido pela prefeitura na localidade da Rancharia, sinalizando uma mudança de paradigma na gestão de rejeitos e na sustentabilidade da matriz energética local.

O tratamento térmico previsto deve ser destinado unicamente aos rejeitos, de modo a não prejudicar os processos de reciclagem tradicional e salvaguardar o trabalho das associações de catadores. Sob a perspectiva financeira, as simulações indicam que esta tecnologia apresenta custos operacionais mais atrativos que o modelo atual, com uma taxa de disposição (gate-fee) estimada entre R\$ 45,00 e R\$ 71,21 por tonelada, a depender do cenário simulado. Contudo, a viabilidade técnica e econômica da usina permanece condicionada a um arranjo regional, dependendo da parceria com municípios limítrofes para garantir o volume crítico de resíduos necessário para a operação contínua do reator (CIMVALPI, 2020).

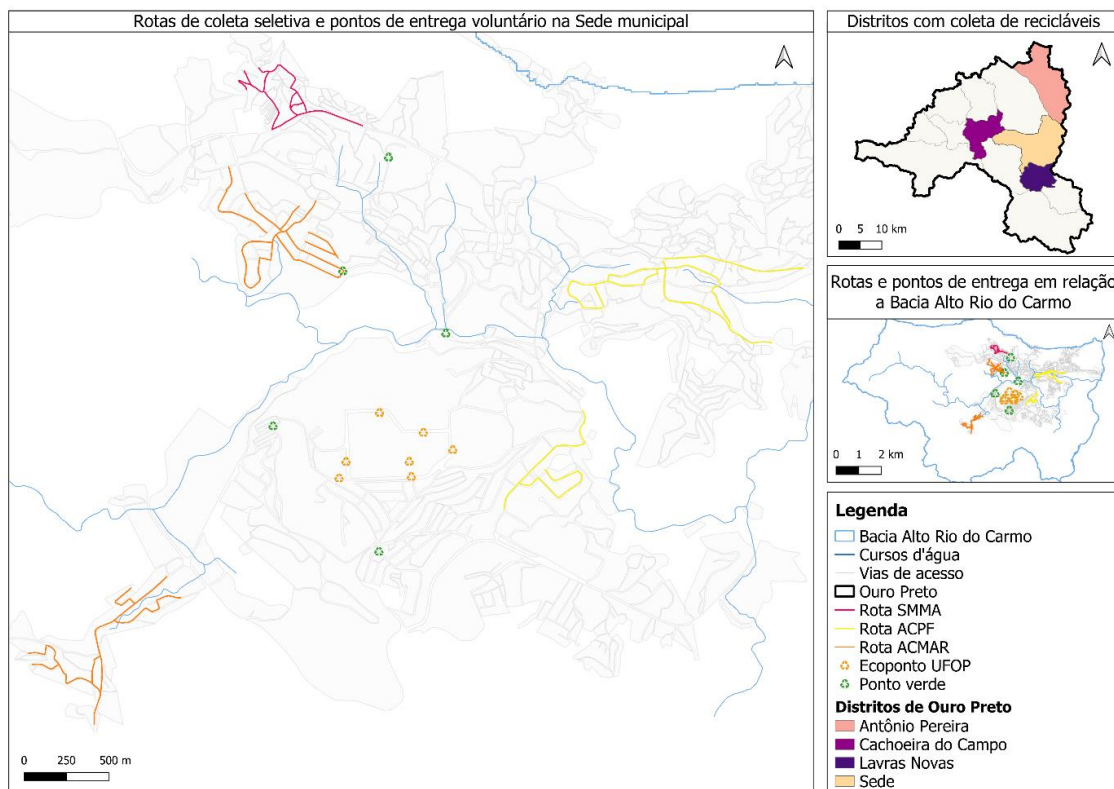
Ainda no contexto de resíduos, de acordo com dados disponibilizados no portal eletrônico da Prefeitura Municipal, Ouro Preto conta com quatro associações de catadores de materiais recicláveis. Duas delas atuam na sede: a Associação de Catadores de Materiais Recicláveis da Rancharia (ACMAR) e a Associação de Catadores do Padre Faria (ACPF). As demais localizam-se nos distritos: a Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis de Antônio Pereira (AMRAP), em Antônio Pereira, e a associação Catadores Alto Rio das Velhas

(ACARV), em Cachoeira do Campo (Ouro Preto, 2023). Além dessas entidades, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA) atua na rede de coleta dos pontos verdes, bem como nos distritos de Lavras Novas e Chapada.

Paralelamente a essa rede municipal, o campus da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) conta com uma estrutura própria de pontos de entrega voluntária (Ecopontos), desenvolvida por meio de um projeto da universidade em parceria com associações de catadores locais (Silva, 2023). Apesar dessas iniciativas, a região analisada ainda carece de melhorias na infraestrutura de coleta seletiva. Tanto os pontos verdes da Prefeitura quanto os instalados no campus operam de forma primária, consistindo em contêineres com adesivos de identificação. Essa configuração mostra-se ineficiente, pois tais locais funcionam sem atendimento presencial, o que impossibilita o controle sobre os resíduos depositados e torna os recipientes suscetíveis ao uso indevido (CONSANE, 2025; Ouro Preto, 2025a).

A ausência de uma estrutura de triagem local ou supervisão facilita a contaminação dos materiais recicláveis por resíduos orgânicos e rejeitos, resultando em massas de resíduos que perdem o padrão de qualidade exigido pelas centrais de triagem e acabam sendo descartadas como material não recuperável (Pincelli *et al.*, 2021). Ademais, as rotas de recolhimento das associações não cobrem a maior parte das vias de acesso da sede, conforme ilustrado na Figura 3, evidenciando carências no ajuste logístico e na abrangência do serviço (Ouro Preto, 2023).

Figura 3: Disposição das rotas de coleta seletiva e pontos de entrega voluntária na Sede e a localização dos distritos que possuem coleta seletiva



Fonte: Dados compilados pela autora, retirado do site da prefeitura

Ainda com base nos dados de gravimetria do Plano Municipal de Saneamento Básico de Ouro Preto (2025a), estima-se que a composição dos resíduos urbanos do município seja dividida em 51,1% de matéria orgânica, 31,4% de materiais recicláveis (considerando a soma das frações secas e a categoria 'outros') e apenas 17,5% de rejeitos, conforme apresentado na Tabela 1. Tomando como referência a estimativa de geração global de 50 toneladas por dia adotada pelo CONSANE (2025), o montante destinado ao aterro sanitário deveria restringir-se a 8,75 toneladas diárias, parcela correspondente à fração de rejeitos cuja inviabilidade de reuso ou reciclagem justifica o aterramento (Ouro Preto, 2025a). Contudo, a realidade operacional registra o encaminhamento médio de 40,7 toneladas diárias para o aterro.

Tabela 1: Composição gravimétrica dos resíduos gerados em Ouro Preto

Tipo de resíduo	Porcentagem (%)
Matéria Orgânica	51,08
Rejeito	17,52
Plástico	10,92
Outros*	9,08
Papel	5,96
Vidro	4,23
Metal	1,21
Total	100

* Outros: tecidos, calçados, eletrônicos, embalagens multicamadas, isopor e pilhas.

Fonte: Tabela adaptada do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), página 77, executado pelo CONSANE (2025).

Esse cenário revela que o volume enterrado é superior a quatro vezes o total de rejeitos gerados. Caso essa fração reciclável fosse devidamente triada e desviada do aterro, ela geraria receita para as associações de catadores e contribuiria para a ampliação a vida útil da CTR Bituruna. Sob a perspectiva da poluição por microplásticos, a destinação em massa de plásticos recicláveis para o aterro acelera a degradação física e química desses polímeros confinados, aumentando o risco de geração de microplásticos secundários na massa de resíduos e a potencial contaminação do chorume (Dantas Filho *et al.*, 2023; Sodré *et al.*, 2023). Portanto, a otimização da coleta seletiva e o correto acondicionamento industrial desses materiais surgem como barreiras preventivas, retraindo o macropl stico na cadeia da economia circular antes que ele se fragmente e alcance os ecossistemas locais (Munhoz *et al.*, 2023).

Ademais, segundo dados oficiais da administração municipal, no ano de 2023 foram coletadas 325,33 toneladas de r s duos recicláveis em Ouro Preto. Desse montante, os materiais plásticos corresponderam por 43,06 toneladas, o que representa 13,2% do total recuperado somando todas as associações de catadores do município (Ouro Preto, 2023). Esse panorama quantitativo demonstra que, embora o município possua programas formais de incentivo à coleta seletiva, a política pública local ainda carece de infraestrutura adequada para cobrir a totalidade do território. Sem uma gestão logística eficiente e centros de triagem estruturados, parte do plástico gerado na região segue sendo subaproveitado e negligenciado, perpetuando o

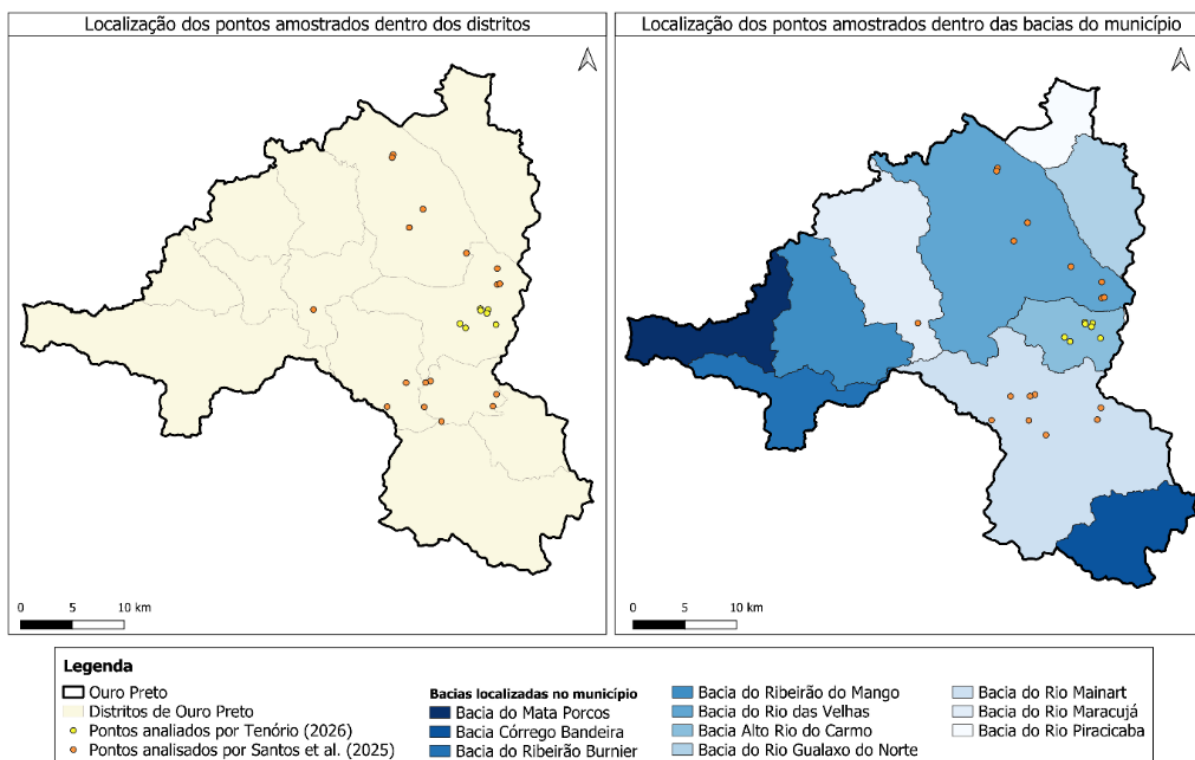
ciclo de descarte inadequado e alimentando rotas de degradação que dão origem aos microplásticos secundários no meio ambiente.

4.3 Vulnerabilidades e Oportunidades na gestão da presença de MPs

A vulnerabilidade ambiental de Ouro Preto frente à poluição por microplásticos começa a ser registrada por pesquisas recentes que mapeiam a ocorrência do poluente no território. Investigando o núcleo urbano da sede municipal, Tenório (2026) constatou uma correlação positiva entre a ausência de tratamento de efluentes e o acréscimo de microplásticos nos corpos d'água, apontando o adensamento populacional, o escoamento das águas pluviais e o direcionamento de esgoto não tratado como os principais impulsionadores desse aporte nos cursos hídricos, revelando concentrações médias de 4,61 partículas/L na matriz aquosa e de 209,79 partículas/kg na matriz sedimentar.

Rompendo os limites da cidade, essa contaminação já atinge ecossistemas preservados; Santos *et al.*, (2025) e Gomes e Mendes (2026) identificaram a presença dessas partículas sintéticas em 17 cachoeiras do município, registrando uma concentração sedimentar média de 25 partículas/kg, um patamar consideravelmente inferior ao observado no leito do perímetro urbano. A sobreposição dos pontos onde foram encontrados MPs nas duas pesquisas deu origem ao mapa apresentado na Figura 4.

Figura 4: Localização dos pontos em que foram encontrados MPs em Ouro Preto



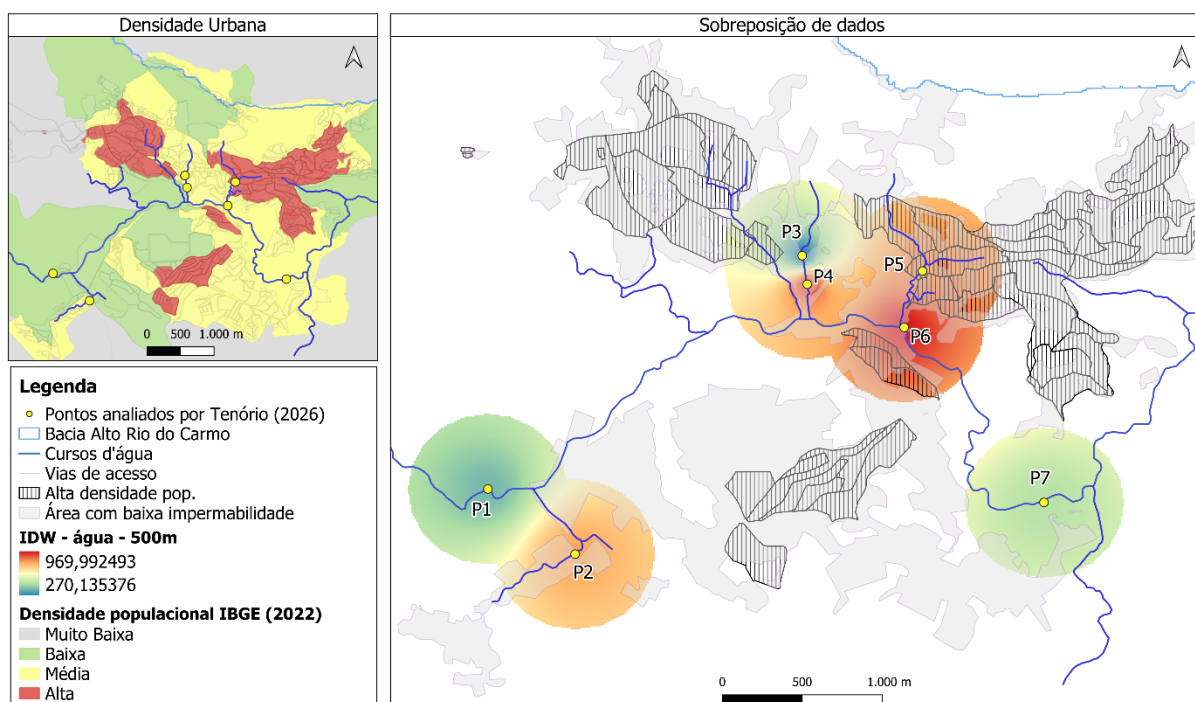
A partir da análise desses dados, torna-se imperativo discutir de forma crítica a importância relativa das diferentes fontes geradoras que alimentam essa contaminação na bacia. Embora os resíduos sólidos macroscópicos acumulados no solo representem estoques terrestres sujeitos à fragmentação física secundária (Geyer; Jambeck; Law, 2017; Santos *et al.*, 2025), os dados para a região de Ouro Preto e a literatura científica indicam que o esgoto doméstico bruto é uma via de aporte contínua de microplásticos para os cursos d'água urbanos (Chen *et al.*, 2023; Sodré *et al.*, 2023; Tenório, 2026).

No contexto brasileiro, as deficiências históricas de saneamento básico e o lançamento direto de efluentes sem tratamento convertem as águas residuárias em vetores ininterruptos de poluição hídrica (Dantas Filho *et al.*, 2023), introduzindo dentre outras formas morfológicas de MP, elevadas cargas de microfibras sintéticas oriundas do desprendimento têxtil durante lavagens domésticas (Rimondi *et al.*, 2022; Chen *et al.*, 2023). Assim, enquanto a entrada de microplásticos originados de resíduos sólidos convencionais possui caráter majoritariamente difuso, sendo governada pelo escoamento superficial e pela ação do vento, que transporta os fragmentos das superfícies urbanas para os leitos fluviais (Sodré *et al.*, 2023), o descarte

contínuo de esgoto sanitário bruto perpetua uma contaminação crônica e pontual na bacia, operando de maneira independente do regime de chuvas.

Paralelamente, considerando os microplásticos como indicadores da pressão urbana foi elaborado o mapa da Figura 5 que integra os dados de densidade populacional da sede às concentrações reportadas por Tenório (2026), utilizando a pressão urbana como vetor de análise. A espacialização demonstra uma associação entre o ambiente construído e a poluição hídrica. As áreas de maior adensamento e impermeabilidade apresentaram as maiores cargas de MPs, com destaque para os pontos sob forte pressão antropogênica, como P4 (922 partículas), P5 (837 partículas) e P6 (970 partículas), enquanto pontos localizados em zonas verdes ou de baixa densidade demográfica registraram os menores índices de contaminação por MP, a exemplo de P1 (374 partículas), P3 (270 partículas) e P7 (472 partículas).

Figura 5: Compilação de fatores que influenciam o aporte de MP para os cursos d'água

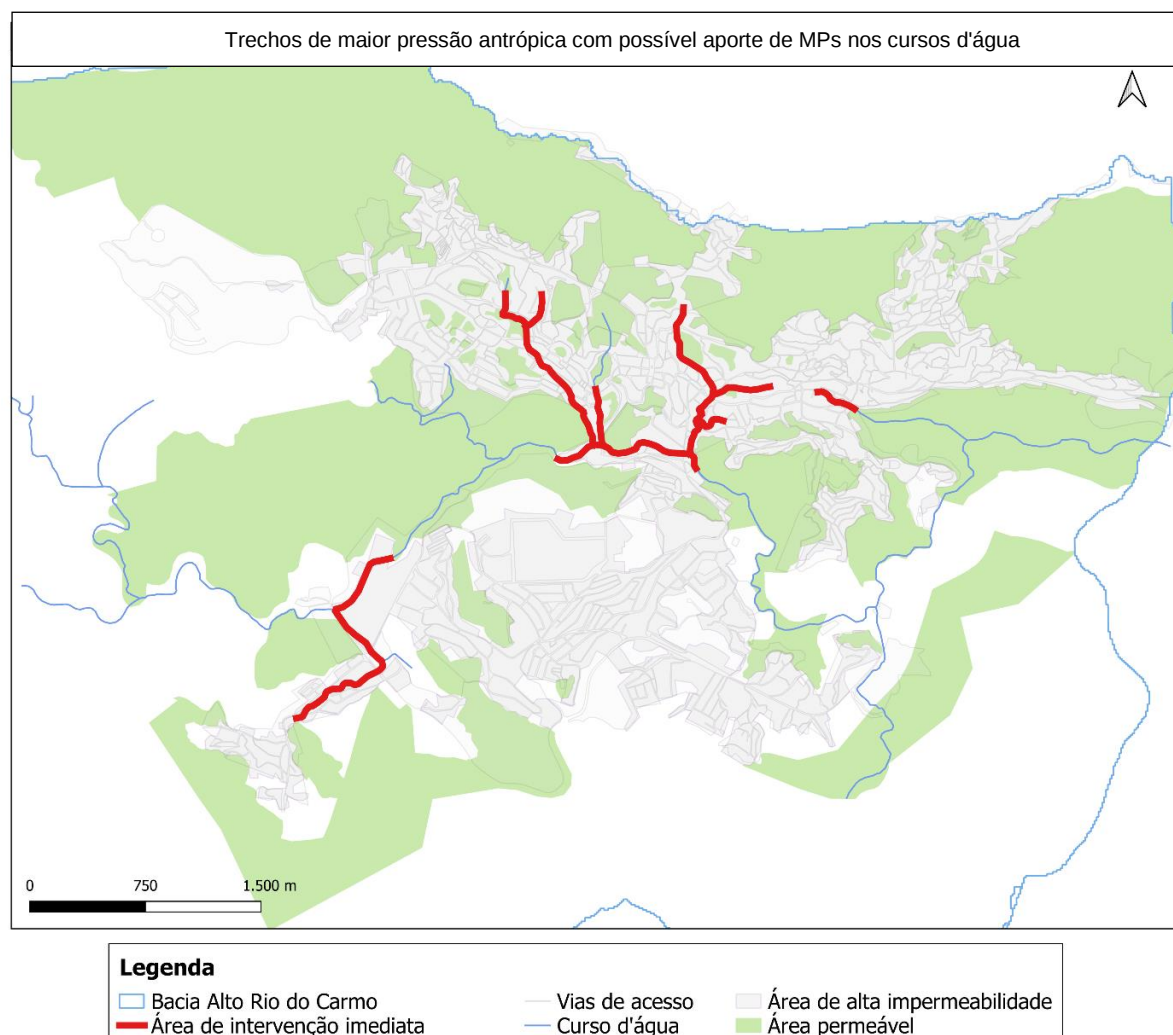


Essa disparidade espacial entre os pontos monitorados, associada aos níveis de contaminação sedimentar no centro urbano de Ouro Preto fornece evidências empíricas contundentes de que a mancha urbana atua como o principal vetor e catalisador dessa poluição. Tais resultados validam cientificamente a urgência de intervenções estruturais focadas no perímetro urbano municipal, demonstrando que o crescimento desordenado e a

impermeabilização do solo, quando desprovidos de saneamento eficiente, criam uma assinatura poluidora crítica que se propaga pelos ecossistemas locais (Tenório, 2026).

Complementarmente, a Figura 6 apresenta o mapeamento de vulnerabilidade ao aporte de poluentes, estruturado a partir da sobreposição entre a ausência de faixas marginais de proteção nos cursos d'água, o adensamento urbano e a alta impermeabilização do solo. Esta análise fundamenta-se na premissa de que a vegetação ripária atua como uma barreira física capaz de reter parte dos resíduos transportados pelo escoamento superficial; portanto, sua inexistência em áreas densamente edificadas potencializa o carregamento direto de microplásticos para o meio aquático (Rimondi *et al.*, 2022; Tenório, 2026).

Figura 6: Cursos d'água onde a intervenção física deve ser prioritária no combate ao MP.



A representação cartográfica também leva em consideração que os cursos d'água de menor ordem possui menor vazão e com isso uma maior facilidade em apresentar altas cargas de MP,

levando em consideração que toda a região é carente de sistemas de tratamento de esgoto (Tenório, 2026). Desta forma, o mapa serve como uma ferramenta estratégica para o planejamento urbano, orientando a priorização de intervenções, como a instalação de sistemas de drenagem e a recuperação de faixas marginais, em locais onde a pressão de aporte é mais acentuada.

Esses estudos reforçam a urgência de um Plano Municipal de Saneamento Básico estruturado de forma mais efetiva para o combate aos microplásticos, abrangendo tanto a malha urbana quanto as áreas de preservação ambiental. No que tange ao eixo de esgotamento sanitário, o distrito sede possui uma ETE em fase de implementação. Contudo, conforme observado na revisão bibliográfica, a eficácia desse sistema como barreira de retenção ou seu potencial papel como vetor de propagação do poluente, só poderá ser avaliada após o início de sua operação.

Devido à ausência de diretrizes e normativas específicas que controlem os contaminantes emergentes no Brasil, novas infraestruturas sanitárias correm o risco de serem implementadas já defasadas para o monitoramento e mitigação dessas micropartículas. O arcabouço legal vigente, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e o Novo Marco Legal do Saneamento (Lei nº 14.026/2020), foca na universalização do atendimento e na disposição adequada de rejeitos em aterros, mas não estabelece parâmetros técnicos obrigatórios para a filtragem de polímeros em estações de tratamento ou direcionamento para a remoção do contaminante do meio ambiente.

Sem amparo legal que subsidie padrões de filtragem avançada, a infraestrutura em Ouro Preto poderá atuar de maneira limitada frente aos polímeros menores que 5 mm. Ademais, vale ressaltar que a única unidade de tratamento ativa no município é a ETE São Bartolomeu, localizada no distrito de São Bartolomeu, e utiliza um sistema baseado em reatores anaeróbios e filtros biológicos, tecnologias convencionais (Ouro Preto, 2025a) que, embora eficientes para carga orgânica, não possuem especificações para a retenção de microplásticos.

A fragilidade do saneamento local é amplificada pela inexistência de infraestruturas ou diretrizes para o tratamento do escoamento superficial pluvial no PLAMSAB. O sistema de drenagem urbana de Ouro Preto, em grande parte combinado ou unitário, limita-se a intervenções de limpeza de bocas de lobo e dragagem de canais, sem que haja qualquer etapa de purificação física ou química das águas de chuva (Ouro Preto, 2025a). Como resultado, a dinâmica climática da região, caracterizada por verões chuvosos, favorece a lixiviação de

resíduos e o transporte direto de macro e microplásticos das vias urbanas para os rios (Tenório, 2026).

Por fim, embora existam dados que constataam a presença de MPs no território, faz-se necessário um monitoramento contínuo desse poluente para a aplicação de estratégias pontuais e específicas. Isso se deve ao fato de que, mesmo dentro da mancha urbana, a concentração de MPs varia a depender do uso do solo, conforme identificado por Tenório (2026). Ademais, a falta de conscientização da população sobre os impactos do poluente, agravada pela ausência de regulamentação e de incentivos para uma educação ambiental voltada à temática, compromete a eficácia de medidas de mitigação na fonte, como a destinação adequada de resíduos domiciliares e comerciais. Somado a esse cenário, o manejo do poluente enfrenta gargalos estruturais e normativos, evidenciados pela ausência de sistemas para o tratamento de águas pluviais e pela inexistência de regulamentação para a retenção dessas partículas nas estações de tratamento de esgoto.

4.4 Propostas e Diretrizes para Mitigação e Regulamentação de Microplásticos no Município

Diante do cenário exposto, as diretrizes para a mitigação dos MPs em Ouro Preto devem fundamentar-se em um modelo de governança integrada que atue na articulação dos instrumentos de planejamento urbano e saneamento já existentes. A ausência de um marco regulatório em escala federal para contaminantes microscópicos acarreta limitações técnicas e jurídicas para instituir padrões diretos de monitoramento e autuação específicos para microplásticos.

Por essa razão, a intervenção local deve concentrar-se na incorporação de diretrizes preventivas nos planos setoriais já consolidados, como o Plano Diretor, o Plano de Saneamento Básico e o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Essa integração normativa confere respaldo jurídico às ações do município, permitindo combater indiretamente a dispersão de microplásticos através do controle rigoroso do descarte de resíduos sólidos e do avanço na infraestrutura de tratamento de esgoto e drenagem pluvial.

Para o enfrentamento dos microplásticos de origem primária, partículas que ingressam nos sistemas ambientais em tamanhos inferiores a 5 mm, como fibras têxteis decorrentes da lavagem de roupas e compostos presentes em cosméticos e produtos de limpeza, torna-se

essencial articular a legislação local aos instrumentos de ordenamento urbano (Tenório, 2026). Essa articulação pressupõe incluir, na revisão e atualização do Plano Diretor Municipal e do Plano Municipal de Saneamento Básico, direcionamentos normativos específicos voltados ao combate a esse poluente.

O Plano Diretor atua como matriz articuladora, institucionalizando a proteção ambiental como norma de uso do solo. Dessa forma, cabe a ele desincentivar o adensamento populacional em áreas desprovidas de infraestrutura sanitária adequada e presar pela proteção ambiental (Álvares; Souza, 2016; Programa Cidades Sustentáveis, 2019), além de prever a modernização das redes de esgoto, com foco na remoção de partículas menores que 5 mm na água tratada, e estabelecer diretrizes claras para o manejo e tratamento da água pluvial.

Já o Plano Municipal de Saneamento Básico deve atuar como o instrumento técnico-operacional para a execução dessas diretrizes, estruturando ações integradas. Sob a ótica da mitigação de microplásticos, o plano deve abordar a eficiência operacional das ETEs, uma vez que a adoção de etapas avançadas de tratamento, podem elevar a retenção desses poluentes a níveis superiores a 98% (Tibbetts *et al.*, 2018; Ramaremissa; Ndlovu; Saad, 2022). Paralelamente, o PMSB precisa institucionalizar o manejo adequado das águas pluviais, visando o tratamento do escoamento superficial urbano, ainda inexistente em Ouro Preto, para reter partículas provenientes do desgaste de pneus e da fragmentação de resíduos antes do aporte nos corpos hídricos. Essa gestão integrada pressupõe, ainda, o controle rigoroso sobre a destinação do lodo das ETEs e dos sedimentos de drenagem, garantindo que essas infraestruturas não se tornem fontes emissoras secundárias de contaminantes para o ecossistema local.

Essa atenção normativa se justifica pelas dinâmicas hidrológicas locais. Como registrado por Tenório (2026), o escoamento superficial é um dos principais vetores de aporte de MPs aos cursos hídricos em Ouro Preto, intensificando-se no período chuvoso, quando as concentrações de partículas podem superar o dobro das registradas no período de estiagem. Para reter esse fluxo difuso, propõe-se a adequação e a recomposição das faixas marginais de proteção dos rios, em consonância com o Art. 4º do Código Florestal (Brasil, 2012), visto que a vegetação ripária e os corredores verdes funcionam como barreiras físicas mitigadoras (Rimondi *et al.*, 2022). Adicionalmente, em áreas urbanas já consolidadas, a Lei Federal nº 14.285/2021 confere ao município a prerrogativa de definir limites específicos para as Áreas de Preservação Permanente (APP) em seu Plano Diretor, considerando aspectos ambientais e de gestão hídrica.

Sob essa ótica, a demarcação das faixas ripárias no perímetro urbano consolidado deve adotar, como um de seus critérios norteadores, a capacidade e a necessidade ecológica de retenção de microplásticos.

Nos setores onde a interferência física estrutural é restrita por normas de preservação histórica fiscalizada pelo IPHAN, as intervenções urbanas devem conciliar obrigatoriamente o ordenamento com a salvaguarda do patrimônio (Álvares; Souza, 2016). Nesse contexto, as soluções de engenharia tradicional podem dar lugar a intervenções de baixo impacto visual e alta eficiência ambiental, baseadas em infraestrutura verde-azul. O desenho técnico de soluções como canaletas gradeadas discretas e sistemas subterrâneos ou marginais de biorretenção permite que as águas pluviais sejam filtradas antes de atingirem os corpos hídricos, sem descaracterizar a paisagem colonial. Complementarmente, a gestão pública deve instituir rotinas de manutenção preventiva, como a limpeza frequente de bocas de lobo e galerias, evitando o entupimento e a degradação mecânica de macroplásticos retidos, para evitar a geração interna de resíduos no sistema de drenagem (CIMVALPI, 2020; Tenório, 2026).

Ademais, considerando que Ouro Preto dispõe de uma área de 2,24 hectares na localidade da Rancharia, declarada de utilidade pública pelo Decreto Executivo nº 8339 e cedida para fins de gestão de resíduos sólidos (Ouro Preto, 2024), há uma oportunidade estratégica de redefinir a prioridade ocupacional desse espaço. Embora o projeto conceitual citado no plano intermunicipal preveja a recuperação energética por gaseificação, a viabilidade técnica desse reator é sensível aos quantitativos de massa, exigindo a participação de municípios limítrofes para garantir a sustentabilidade do modelo de negócio e evitar a capacidade ociosa (CIMVALPI, 2020).

Diante desse cenário, propõe-se que a área seja consolidada como uma infraestrutura robusta de triagem e separação de resíduos, funcionando como uma Área de Triagem e Transbordo (ATT) equipada para a separação de materiais. Considerando que o diagnóstico gravimétrico municipal revela que apenas 17,52% do resíduo gerado é classificado como rejeito, a implementação de uma central de triagem avançada permitiria que Ouro Preto desviasse os 51,08% de matéria orgânica e os 31,4% de materiais recicláveis que hoje, seguem para a disposição final no aterro de Piedade de Ponte Nova (Ouro Preto, 2025a), prolongando a vida útil do aterro e assegurando o tratamento ambientalmente adequado para os resíduos plásticos gerados no município.

No que tange aos microplásticos de origem secundária, aqueles gerados no próprio ambiente a partir da fragmentação e degradação física e química de plásticos maiores, o foco legislativo e operacional deve se voltar para a gestão eficiente de resíduos sólidos. Modelos internacionais consolidados, como os adotados nos municípios italianos como Santa Caterina d’Este e Pavia, demonstram a eficácia da coleta seletiva com edificações onde é possível realizar a entrega voluntária e a coleta fracionada (porta a porta) orientada por calendários rigorosos, disponível de forma física e digital para a população, que distribuem o recolhimento dos resíduos por categorias como vidro, úmido (orgânico), seco não reciclável (rejeitos), papel, plástico e metais ao longo dos dias da semana (Gestione Ambiente, 2026; Pavia, 2026), como exemplificado na Figura 7.

Figura 7: Exemplo de um calendário de coleta

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Orgânico							
Rejeito							
Plástico e metal							
Papel							
Vidro							

Fonte: Adaptado do guia disponibilizado no site da cidade de Santa Caterina d’Este - Itália.

O sucesso dessas iniciativas baseia-se na transparência, promovida por manuais detalhados de descarte, e em mecanismos econômicos e punitivos, como a aplicação de taxas de disposição proporcionais ao tipo de edificação e ao número de residentes. Dentre os serviços integrados a essa estrutura tarifária, além da coleta regular e dos pontos de entrega voluntária, inclui-se a possibilidade de agendamento para a retirada de materiais especiais ou volumosos, bem como a aplicação de multas para cidadãos que realizam o acondicionamento incorreto de seus resíduos (Gestione Ambiente, 2026).

Todavia, a análise do cenário italiano traz um alerta metodológico, as regras de acondicionamento e triagem não são uniformes, variando de um município para outro em todo o país. Há cidades que coletam plástico e metal em conjunto, enquanto outras exigem a separação estrita do plástico; além disso, as datas de recolhimento, as cores dos contêineres e os tipos de sacolas obrigatórias mudam conforme a localidade. Ademais, enquanto a região norte do país atinge elevadas taxas de coleta seletiva, alcançando 71% segundo o *Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale* (ISPRA, 2023), as regiões ao centro e ao sul, possuem uma infraestrutura de manejo de resíduos menos robusta, que apresenta limitações (Lombardi, 2018).

Nesses centros urbanos das macroáreas do centro e do sul, a taxa de coleta ficou em 60,4% e 55,7%, respectivamente, conforme os dados oficiais do ISPRA (2023). A alta rotatividade de pessoas associada à disparidade de regras locais pode confundir a população flutuante, gerando falhas na separação na fonte. Essa assimetria evidencia a importância de se estabelecer uma combinação estratégica entre infraestrutura adequada e programas contínuos de educação ambiental adaptados às realidades locais.

Nesse sentido, a eficácia da implementação dessas diretrizes em Ouro Preto exige a superação de duas características do território visando combater MP primários e secundários: a topografia acidentada e a expressiva presença de uma população flutuante, composta por turistas e pela comunidade acadêmica. A alta declividade das encostas urbanas acelera a velocidade do escoamento superficial em eventos de pluviosidade, potencializando o arraste mecânico e o transporte de microplásticos em direção aos vales e cursos d'água. Paralelamente, o intenso fluxo turístico e a rotatividade estudantil geram picos sazonais na produção de resíduos sólidos e desafiam a continuidade das práticas de separação na fonte. Diante disso, os instrumentos de fiscalização e as campanhas de educação ambiental devem prever canais de comunicação específicos e parcerias com o setor hoteleiro, comercial e com as repúblicas estudantis, garantindo que a sazonalidade demográfica não mitigue os impactos das políticas de controle implementadas.

Essa diferenciação entre os vetores de entrada dos microplásticos na bacia do Alto Rio do Carmo revela que a poluição pontual e a poluição difusa exigem abordagens de planejamento com níveis distintos de complexidade e controle. Por um lado, as fontes pontuais, representadas majoritariamente pelo lançamento direto de efluentes domésticos, configuram um desafio de controle tecnicamente mais tangível. Uma vez que esse fluxo poluidor é centralizado nas redes

coletoras, torna-se viável direcioná-lo a ETE e instituir protocolos de monitoramento específicos para quantificar as partículas que a estrutura consegue reter em seu lodo ou acaba liberando no corpo receptor, permitindo o aprimoramento contínuo das etapas de filtração física e biológica, assim como proposto pela Diretiva (UE) 2024/3019.

Por outro lado, a carga difusa impõe barreiras de contenção operacional mais complexas, pois decorre de um processo espacialmente descentralizado alimentado pela fragmentação progressiva de macroplásticos descartados de forma incorreta no ambiente, pela alta impermeabilização do solo urbano que acelera o carreamento superficial pelas chuvas e pelas dinâmicas de transporte eólico que dispersam as partículas. Precisamente por ser inviável interceptar o poluente após sua ampla e desordenada dispersão física no ambiente, este trabalho dedicou especial atenção às proposições de manejo integrado de resíduos sólidos urbanos. A governança preventiva do lixo convencional terrestre estabelece a barreira mais eficiente para mitigar a poluição por microplásticos secundários, impedindo que o plástico de grande escala sofra intemperismo e se converta em um passivo ambiental microscópico de difícil remediação.

Portanto, mitigar a contaminação por microplásticos no município depende de diretrizes legislativas claras e uma fiscalização ativa, com investimentos em infraestrutura urbana adaptada e campanhas contínuas de educação ambiental, transformando o comportamento social e consolidando a economia circular no território.

4.5 Análise Crítica

A complexidade em trilhar diretrizes para o combate aos MPs nos cursos hídricos decorre da necessidade de um esforço contínuo e articulado entre diversas áreas da gestão territorial e a participação ativa da população. O modelo de gestão de resíduos sólidos implementado no município de Ouro Preto, reflete a realidade de grande parte do território brasileiro, mostra-se ineficiente para promover o meio ambiente ecologicamente equilibrado, preconizado por lei na constituição brasileira como um direito fundamental das presentes e futuras gerações.

Quando a prioridade da gestão se fundamenta no confinamento dos rejeitos, o problema não é efetivamente resolvido, mas deslocado. Em contrapartida, a implementação de um sistema focado na coleta seletiva, triagem e destinação correta alinhado aos preceitos da economia circular, estimula a geração de emprego e reposiciona o cidadão como protagonista do processo por meio da segregação na fonte. Essa estratégia devolve à população a

corresponsabilidade pelos resíduos que ela própria gera, rompendo com o modelo atual que aliena o indivíduo de sua pegada ecológica.

Conforme observado na revisão bibliográfica, há um descompasso entre a produção científica e a comunidade. Sem mudanças comportamentais e sem o desenvolvimento de infraestruturas voltadas à contenção da poluição microplástica, a concentração desse poluente tende a acompanhar o crescimento urbano, atingindo áreas ambientalmente sensíveis e protegidas.

Em suma, o enfrentamento desse cenário exige o monitoramento contínuo dos cursos d'água, somado à criação e regulamentação de normativas de infraestrutura urbana que incluam especificamente os microplásticos. Por fim, e de forma primordial, a educação ambiental deve ser consolidada nas escolas e difundida por meio de campanhas institucionais, transformando a relação da sociedade com o consumo e com o descarte.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados e nas discussões apresentadas, conclui-se que o enfrentamento da poluição por microplásticos em Ouro Preto exige uma mudança estrutural na articulação entre o planejamento urbano e o saneamento básico. O diagnóstico realizado demonstra que, embora o município disponha de instrumentos de gestão como o Plano Diretor e o PLAMSAB, ainda há uma carência de normativas específicas que tratem esse poluente de forma direta e integrada. A infraestrutura atual apresenta vulnerabilidades críticas, evidenciadas pelo encaminhamento inadequado de grandes volumes de resíduos recicláveis para aterros sanitários, o que acelera a degradação dos polímeros e a geração de microplásticos secundários, somado ao déficit no esgotamento sanitário e à inexistência de sistemas de tratamento específicos para águas pluviais.

Para mitigar esses impactos, é fundamental a integração normativa, mediante a inclusão de diretrizes de combate aos microplásticos primários e secundários na revisão do Plano Diretor e do PLAMSAB, institucionalizando o combate ao MP como norma estratégica de uso do solo. Paralelamente, a modernização da infraestrutura urbana deve priorizar a eficiência operacional das estações de tratamento de esgoto para a remoção de partículas menores que 5 mm, aliada à implementação de soluções de infraestrutura verde-azul, como sistemas de biorretenção e a

recomposição de vegetação ripária, que funcionam como filtros físicos para o escoamento superficial.

Por fim, a consolidação da área de 2,24 hectares na localidade da Rancharia como uma unidade de triagem avançada surge como uma oportunidade estratégica para efetivar a economia circular no município. Esta medida permitiria desviar do aterro os resíduos orgânicos e recicláveis, evitando assim a fragmentação e a dispersão de microplásticos nos ecossistemas locais. Em última análise, a preservação dos cursos d'água de Ouro Preto depende da superação desses gargalos operacionais e da implementação de programas contínuos de educação ambiental, que transformem a relação da sociedade com o descarte de seus resíduos e garantam que a expansão urbana não resulte no agravamento da contaminação ambiental.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, Patrícia Maria Fialho; SOUZA, Henor A. A legislação urbana e sua relação com a proteção do patrimônio cultural: o caso de Ouro Preto, MG. *arq.urb*, n. 16, p. 60-76, 2016.

APETOGBOR, Komlan *et al.* Spatio-temporal distribution of microplastics in water and sediment samples of the Plankenburg river, Western Cape, South Africa. *Environmental Pollution*, v. 323, p. 121303, 15 abr. 2023.

BRASIL. Congresso Nacional. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 612, de 2007. Dispõe sobre o uso de sacolas plásticas biodegradáveis para acondicionamento de produtos e mercadorias a serem utilizadas nos estabelecimentos comerciais em todo território nacional. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2007. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao/?idProposicao=346504>. Acesso em: 22 jun. 2026.

BRASIL. Congresso Nacional. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 6.528, de 2016. Proíbe a manipulação, a fabricação, a importação e a comercialização, no território nacional, de produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumaria que contenham microesferas plásticas intencionalmente adicionadas. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2016. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2117806>. Acesso em: 22 jun. 2026.

BRASIL. Congresso Nacional. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 10.345, de 2018. Dispõe sobre a diminuição gradativa de fabricação, fornecimento e distribuição (gratuita ou onerosa) de canudos plásticos feitos de polipropileno e/ou poliestireno (materiais não-biodegradáveis) em todo território nacional e dá outras providências. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2018. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao/?idProposicao=2177639>. Acesso em: 22 jun. 2026.

BRASIL. Congresso Nacional. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 10.504, de 2018. Dispõe sobre a criação do Programa Nacional de Banimento dos Plásticos de Uso Único até o ano de 2030 (PNBP), estabelece seus princípios, diretrizes e objetivos, e dá outras providências. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2018. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2180687>. Acesso em: 22 jun. 2026.

BRASIL. Congresso Nacional. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 3.348, de 2019. Institui o Dia Nacional de Conscientização pelo Brasil sem Plástico. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2019. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2206787>. Acesso em: 22 jun. 2026.

BRASIL. Congresso Nacional. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 3.832, de 2021. Institui o Dia Nacional de Combate e Conscientização Contra o Uso de Plástico. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2021. Disponível em:

<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2305071>. Acesso em: 22 jun. 2026.

BRASIL. Congresso Nacional. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 3.956, de 2021. Institui o Dia Nacional de Combate e Conscientização Contra a Poluição Plástica. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2021. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2306431>. Acesso em: 22 jun. 2026.

BRASIL. Congresso Nacional. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 336, de 2025. Dispõe sobre a redução progressiva da produção e do uso de plásticos no Brasil, considerando seu ciclo de vida, a economia circular e a contaminação ambiental por microplásticos, e dá outras providências. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2025. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2594538>. Acesso em: 22 jun. 2026.

BRASIL. Congresso Nacional. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 6.269, de 2025. Dispõe sobre o aprimoramento das ações de combate à poluição por microplásticos no território nacional e estabelece diretrizes para a gestão de resíduos plásticos, o fomento à circularidade de materiais e a educação ambiental. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2025. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2483289>. Acesso em: 22 jun. 2026.

BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 27 maio 2026.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm. Acesso em: 27 maio 2026.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 10.257, de 10 de julho de 2001, 11.107, de 6 de abril de 2005; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm#art55. Acesso em: 27 maio 2026.

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, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm. Acesso em: 27 de jun 2026.

CARPENTER, E.J; SMITH, K.L. Jr. Plastics on the Sargasso sea surface. *Science*. 1972 Mar 17;175(4027):1240-1. doi: 10.1126/science.175.4027.1240. PMID: 5061243.

CHEN, Hui Ling *et al.* Microplastic concentrations in river water and bed sediments in a tropical river: implications for water quality monitoring. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 195, n. 2, p. 307, 1 fev. 2023.

CIMVALPI (Consórcio Intermunicipal Multissetorial do Vale do Piranga). Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PIGIRS/CIMVALPI): Produto 06 – Mapeamento das áreas favoráveis à implantação de Centro de Tratamento de Resíduos Sólidos - CTRS. Ponte Nova: CIMVALPI; Fundação Gorceix, 2020.

CONSANE (Consórcio Regional de Saneamento Básico). Plano Municipal de Saneamento Básico - PLAMSAB Ouro Preto/MG: Produto 8 – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Lavras: CONSANE, 2025.

COSTA, Melo Marcia Parente da; RODRIGUES, Fernando A. M.; FERREIRA, Ivana L. M. Potential effects of plastic waste: microplastics, a global concern. 2025.

DANTAS FILHO, Jerônimo *et al.* First evidence of microplastics in freshwater from fish farms in Rondônia state, Brazil. *Heliyon*, v. 9, n. 4, 1 abr. 2023.

DIAS, Luis C. *et al.* A multi-criteria assessment of policies to achieve the objectives of the EU marine litter strategy. *Marine Pollution Bulletin*, v. 180, 1 jul. 2022.

DIKAREVA, Nadezhda; SIMON, Kevin S. Microplastic pollution in streams spanning an urbanisation gradient. *Environmental Pollution*, v. 250, p. 292–299, 1 jul. 2019.

DRUMMOND, Jennifer D. *et al.* Microplastic accumulation in riverbed sediment via hyporheic exchange from headwaters to mainstems *Sci. Adv.* 2022. Disponível em: <<https://www.science.org>>.

ERCEG, Biljana Činčurak. Microplastic Pollution in Freshwater – Regulatory Barriers for Better Water Protection. *Journal of Agricultural and Environmental Law*, v. 20, n. 39, p. 137–167, 1 dez. 2025.

FUENTE, Alba Martín de la *et al.* Thermogravimetry coupled with mass spectrometry successfully used to quantify polyethylene and polystyrene microplastics in organic amendments. *Environmental Research*, v. 213, 1 out. 2022.

GARCIA, Marcus M. *et al.* In Vivo Tissue Distribution of Polystyrene or Mixed Polymer Microspheres and Metabolomic Analysis after Oral Exposure in Mice. *Environmental health perspectives*, v. 132, n. 4, p. 47005, 1 abr. 2024.

GESTIONE AMBIENTE. Calendari: Santa Caterina d'Este. 2026. Disponível em: <https://www.gestioneambientescarl.it/calendari/Santa+Caterina+d%27Este/70/>. Acesso em: 5 jul. 2026.

GEYER, Roland; JAMBECK, Jenna R.; LAW, Kara Lavender. Production, use, and fate of all plastics ever made. 2017. Disponível em: <<http://advances.sciencemag.org/>>.

GOMES, Gabriela Mol Alvim. MENDES, Meiriele Expedito Pinta. MenMicroplásticos em sedimentos de sistemas fluviais de cabeceiras protegidas no sudeste brasileiro [manuscrito]: padrão espaço-temporal e evidências de meios de contaminação. 2026.

GRBIĆ, Jelena *et al.* Microplastics entering northwestern Lake Ontario are diverse and linked to urban sources. *Water Research*, v. 174, p. 115623, 1 maio 2020.

HAGE JR, E. Aspectos Históricos sobre o Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia de Polímeros. 1998.

HALFAR, Jan *et al.* Microplastic contamination in Czech drinking water: insights from comprehensive monitoring. *Environmental Sciences Europe*, v. 36, n. 1, 1 dez. 2024.

HORTON, Alice A. Plastic pollution: When do we know enough? *Journal of Hazardous Materials*, v. 422, 15 jan. 2022.

IMBULANA, Sachithra; TANAKA, Shuhei; YUKIOKA, Satoru; OLUWOYE, Ibukun. Occurrence and distribution of plastic particles (10–25,000 µm) and microfibers in the surfacewater of an urban river network in Japan. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 196, n. 1, 1 jan. 2024.

IANNUZZI, Zoé *et al.* Contribution of different land use catchments on the microplastic pollution in detention basin sediments. *Environmental Pollution*, v. 348, p. 123882, 1 maio 2024.

IRFAN, Muhammad *et al.* An unintended challenge of microplastic pollution in the urban surface water system of Lahore, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 27, n. 14, p. 16718–16730, 1 maio 2020.

ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). *Ambiente in Italia: Annuario dei dati ambientali 2023*. Roma: ISPRA, 2023.

IWANOWICZ, Deborah D. *et al.* cir1521.pdf - Integrated Science for the Study of Microplastics in the Environment—A Strategic Science Vision for the U.S. Geological Survey. 2024.

JIN, Xi *et al.* Fugitive release and influencing factors of microplastics in urbanized watersheds: A case study of the central area of Suzhou City. *Science of The Total Environment*, v. 837, p. 155653, 1 set. 2022.

KHAN, Nadeem A. *et al.* Microplastics: Occurrences, treatment methods, regulations and foreseen environmental impacts. *Environmental Research*, v. 215, 1 dez. 2022.

KUMAR, Rakesh *et al.* Impacts of plastic pollution on ecosystem services, sustainable development goals, and need to focus on circular economy and policy interventions. Sustainability (Switzerland)MDPI, , 1 set. 2021.

KURNIAWAN, Tonni Agustiono *et al.* Tackling microplastics pollution in global environment through integration of applied technology, policy instruments, and legislation. Journal of Environmental Management, v. 346, 15 nov. 2023.

LEE, Haesung *et al.* Pretreatment methods for monitoring microplastics in soil and freshwater sediment samples: A comprehensive review. Science of the Total EnvironmentElsevier B.V., , 1 maio 2023.

LI, Yingying. Legislation and Policy on Pollution Prevention and the Control of Marine Microplastics. Water (Switzerland), v. 14, n. 18, 1 set. 2022a.

LI, Yingying. Scientific Uncertainty of Marine Microplastic Pollution and the Dilemma of Future International Unified Legislation. International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 19, n. 24, 1 dez. 2022b.

LOMBARDI, Enzo. Rifiuti, "lo Stato sostituisca le Regioni inadempienti". Staffetta Quotidiana, 2 out. 2018. Disponível em: <https://www.staffettaonline.com/Stampa.aspx?id=299611>. Acesso em: 07 jul. 2026.

LUNEVA, E. V. LEGAL PROTECTION OF LAKE BAIKAL FROM MICROPLASTICS. Gosudarstvo i Pravo, v. 2024, n. 2, p. 140–149, 2024.

MARTÍN-LARA, M. A. *et al.* Environmental status of marine plastic pollution in Spain. Marine Pollution Bulletin, v. 170, 1 set. 2021.

MASURA, Julie *et al.* Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. [S.l.: S.n.].

MOCCI, Maria Angélica; LEONELLI, Gisela Cunha Viana. Expansão urbana na legislação urbana brasileira: uma revisão temporal. Revista Brasileira de Direito Urbanístico – RBDU, Belo Horizonte, ano 7, n. 13, p. 61-80, jul./dez. 2021

MONTAGNER, Cassiana C. *et al.* MICROPLASTICS: ENVIRONMENTAL OCCURRENCE AND ANALYTICAL CHALLENGES. Quimica NovaSociedade Brasileira de Quimica, , 2021.

MUNHOZ, Davi R. *et al.* Microplastics: A Review of Policies and Responses. MicroplasticsMultidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), , 1 mar. 2023.

NIHEI, Yasuo *et al.* Comparison of concentration, shape, and polymer composition between microplastics and mesoplastics in Japanese river waters. Water Research, v. 249, p. 120979, 1 fev. 2024.

NKOSI, Masimini S. *et al.* Microplastic abundance, distribution, and diversity in water and sediments along a subtropical river system. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 30, n. 39, p. 91440–91452, 1 ago. 2023.

OTERO, P.; GAGO, J.; QUINTAS, P. Twitter data analysis to assess the interest of citizens on the impact of marine plastic pollution. *Marine Pollution Bulletin*, v. 170, 1 set. 2021.

OURO PRETO. Decreto nº 8.339, de 11 de julho de 2024. Dispõe sobre a regulamentação da Política Municipal de Resíduos Sólidos do Município de Ouro Preto e dá outras providências. *Diário Oficial do Município de Ouro Preto*, Ouro Preto, 11 jul. 2024. Disponível em: <https://www.ouopreto.mg.gov.br/pages/diario-cmop.php?page=diario-publicacoes-cmop&id=979>. Acesso em: 07 jul. 2026.

OURO PRETO. Lei Complementar nº 29, de 28 de dezembro de 2006. Estabelece o Plano Diretor do Município de Ouro Preto. Ouro Preto: Prefeitura Municipal, 2006.

OURO PRETO. Prefeitura Municipal. Coleta Seletiva. 2023. Disponível em: <https://www.ouopreto.mg.gov.br/coleta-seletiva>. Acesso em: 15 jun. 2026.

OURO PRETO. Produto 9: Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Consulta Pública. Ouro Preto: Prefeitura Municipal de Ouro Preto, 2025 a. Disponível em: <https://www.ouopreto.mg.gov.br/transparencia/pmsop>. Acesso em: 23 jun. 2026.

OURO PRETO. Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Inovação e Tecnologia. Desenvolvimento Econômico em Ouro Preto: Mapeamento de Potencialidades, Viabilização de Alternativas e Priorização Estratégica: Diagnóstico do Plano de Apoio à Diversificação Econômica (PADE). Ouro Preto: Diretoria de Estudos Econômicos, 2024.

OURO PRETO. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Documentos da Revisão dos Planos Municipais de Saneamento Básico e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos estão disponíveis para consulta pública. Ouro Preto: Prefeitura Municipal de Ouro Preto, 2025b. Disponível em: <https://www.ouopreto.mg.gov.br/meioambiente/pmsb>. Acesso em: 23 jun. 2026.

PAVIA. Comune di Pavia. Gestione dei rifiuti. Pavia, 2026. Disponível em: <https://www.comune.pavia.it/argomenti/gestione-dei-rifiuti>. Acesso em: 5 jul. 2026.

PINCELLI, Isabella Pimentel *et al.* Post-consumer plastic packaging waste flow analysis for Brazil: The challenges moving towards a circular economy. *Waste Management*, v. 126, p. 781–790, 1 maio 2021.

POMPÊO, Marcelo; RANI-BORGES, Bárbara; PAIVA, Teresa Cristina Brazil de. Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções. São Paulo: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2022.

PRATA, Joana Correia *et al.* Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: A critical review. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry* Elsevier B.V., , 1 jan. 2019.

PRIMPKE, Sebastian *et al.* Critical Assessment of Analytical Methods for the Harmonized and Cost-Efficient Analysis of Microplastics. *Applied Spectroscopy*, v. 74, n. 9, p. 1012–1047, 1 set. 2020.

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS. Guia de Introdução ao Planejamento Urbano Integrado. Programa Cidades Sustentáveis, 2019.

RAGUSA, Antonio *et al.* Raman Microspectroscopy Detection and Characterisation of Microplastics in Human Breastmilk. *Polymers*, v. 14, n. 13, 1 jul. 2022.

RAMAREMISA, Gibbon; NDLOVU, Michelle; SAAD, Dalia. Comparative Assessment of Microplastics in Surface Waters and Sediments of the Vaal River, South Africa: Abundance, Composition, and Sources. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 41, n. 12, p. 3029–3040, 1 dez. 2022.

RIMONDI, Valentina *et al.* Occurrence and Quantification of Natural and Microplastic Items in Urban Streams: The Case of Mugnone Creek (Florence, Italy). *Toxics*, v. 10, n. 4, 1 abr. 2022.

RIO DE JANEIRO (Estado). Lei nº 8.006, de 25 de junho de 2018. Modifica a Lei nº 5.502, de 15 de julho de 2009, que dispõe sobre a substituição e recolhimento de sacolas plásticas em estabelecimentos comerciais localizados no Estado do Rio de Janeiro, como forma de colocá-las à disposição do ciclo de reciclagem e proteção ao meio ambiente fluminense. Rio de Janeiro: Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro, 2018a. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/rj/lei-ordinaria-n-8006-2018-rio-de-janeiro-modifica-a-lei-n%C2%BA-5502-de-15-de-julho-de-2009-que-dispoe-sobre-a-substituicao-e-recolhimento-de-sacolas-plasticas-em-estabelecimentos-comerciais-localizados-no-estado-do-rio-de-janeiro-como-forma-de-coloca-las-a-disposicao-do-ciclo-de-reciclag-em-e-protecao-ao-meio-ambiente-fluminense>. Acesso em: 22 jun. 2026.

RIO DE JANEIRO (Município). Lei nº 6.384, de 4 de julho de 2018. Obriga os restaurantes, bares, lanchonetes, barracas de praia, ambulantes e similares autorizados pela prefeitura a usarem e fornecerem canudos de papel biodegradável e/ou reciclável individual e hermeticamente embalados com material semelhante. Rio de Janeiro: Câmara Municipal do Rio de Janeiro, 2018b. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/rj/r/rio-de-janeiro/lei-ordinaria/2018/638/6384/lei-ordinaria-n-6384-2018-obriga-restaurantes-bares-lanchonetes-barracas-de-praia-ambulantes-e-similares-autorizados-pela-prefeitura-a-usarem-e-fornecerem-canudos-de-papel-biodegradavel-e-ou-reciclavel-individual-e-hermeticamente-embalados-com-material-semelhante>. Acesso em: 22 jun. 2026b.

SÃO PAULO (Município). Lei nº 17.261, de 13 de janeiro de 2020. Proíbe o fornecimento de copos, pratos, talheres, agitadores para bebidas e varais para balões descartáveis feitos de material plástico aos clientes de hotéis, restaurantes, bares e padarias, espaços para festas infantis, clubes noturnos, salões de dança e eventos culturais e esportivos de qualquer espécie e dá outras providências. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, 2020. Disponível

em: <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/lei-17261-de-13-de-janeiro-de-2020>. Acesso em: 22 jun. 2026.

SÃO PAULO (Cidade). Secretaria Municipal de Mobilidade e Transportes. Manual de Desenho Urbano e Obras Viárias: Infraestrutura Verde e Azul. São Paulo: PMSP, 2022. Disponível em: <https://manualurbano.prefeitura.sp.gov.br/manual/6-infraestrutura-verde-e-azul>. Acesso em: 10 ago. 2026.

SANTOS, Grazielle Rocha dos et al. Análise de microplástico em sedimento e seus impactos ambientais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 33., 2025. ABES, 2025.

SILVA, Matheus Miranda da. Diagnóstico e avaliação da gestão de resíduos sólidos da Universidade Federal de Ouro Preto. 2023. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2023.

SILVA, Raquel Santos Batista da *et al.* From urban areas to conservation unities: assessing microplastic pollution across the Pantanal. *Revista Ambiente e Agua*, v. 9, n. 3, p. 445–458, 2025.

SODRÉ, Fernando F. *et al.* How natural and anthropogenic factors should drive microplastic behavior and fate: The scenario of Brazilian urban freshwater. *Chemosphere*, v. 340, p. 139813, 1 nov. 2023.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Série Histórica. 2020.

THOMPSON, Richard C. *et al.* Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* Royal Society, , 27 jul. 2009.

TENÓRIO, Natasha Rodrigues Vitorino Carvalho. Ocorrência de microplásticos em águas superficiais e sedimentos na mancha urbana de Ouro Preto-MG. [manuscrito] - 2026.

TIBBETTS, Joseph *et al.* Abundance, distribution, and drivers of microplastic contamination in urban river environments. *Water (Switzerland)*, v. 10, n. 11, 7 nov. 2018.

UMAÑA, Juan M. Zúñiga *et al.* Microplastic pollution in Costa Rican marine ecosystems: Origins, ecotoxicological impacts, and mitigation strategies. *Marine Policy*, v. 179, 1 set. 2025.

UNIÃO EUROPEIA. Diretiva (UE) 2024/3019 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de novembro de 2024, relativa ao tratamento de águas residuais urbanas. *Jornal Oficial da União Europeia*, L 3019, 12 dez. 2024. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:02024L3019-20241212>. Acesso em: 15 ago. 2026.

USMAN, Sunusi *et al.* The Burden of Microplastics Pollution and Contending Policies and Regulations. *International Journal of Environmental Research and Public Health* MDPI, , 1 jun. 2022.

XU, Yuyao *et al.* A critical review of microplastic pollution in urban freshwater environments and legislative progress in China: Recommendations and insights. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v. 51, n. 22, p. 2637–2680, 2021.

YANG, Xin *et al.* International Law and Regulation of Marine Microplastics: Current Situation, Problems, and Development. *Sustainability (Switzerland)*, v. 16, n. 21, 1 nov. 2024.

YIN, Lingshi *et al.* Comparison of the abundance of microplastics between rural and urban areas: A case study from East Dongting Lake. *Chemosphere*, v. 244, p. 125486, 1 abr. 2020.

ZHANG, Bin *et al.* Microplastics in soils: a review of possible sources, analytical methods and ecological impacts. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* John Wiley and Sons Ltd, , 1 ago. 2020.